



## Assepsia e estabelecimento *in vitro* de explantes do abacaxizeiro cultivar Turiaçu Amazonas

Cibelle Azamora dos SANTOS <sup>1</sup>, Pamela Keiko HARADA <sup>2</sup>, Eduardo José Dias da SILVA <sup>1</sup>,  
Iasmin Laís Damasceno PARANATINGA <sup>3</sup>, Maria Teresa Gomes LOPES <sup>3</sup>,  
Santiago Linorio Ferreyra RAMOS <sup>3</sup>, Ricardo LOPES <sup>\*2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brasil.

<sup>2</sup>Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil.

\*Email: [ricardo.lobes@embrapa.br](mailto:ricardo.lobes@embrapa.br)

Submetido em: 12/09/2025; Aceito em: 24/03/2026; Publicado em: 20/04/2026.

**RESUMO:** O objetivo desse estudo foi avaliar o uso de solução de hipoclorito de sódio (NaClO) na assepsia e no estabelecimento *in vitro* de gemas apicais e axilares extraídas do talo da coroa do fruto do abacaxi da cultivar Turiaçu Amazonas. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial triplo 2x3x2, com dois tipos de explante (gema axilar e gema apical), três concentrações de NaClO na solução asséptica (0,5, 1,25 e 2,5% de cloro ativo) e dois tempos de imersão dos explantes (5 e 10 minutos). Os maiores percentuais de explantes estabelecidos *in vitro* foram obtidos com 5 minutos de imersão na solução asséptica, na concentração de 0,5% de cloro ativo para a gema apical e de 1,25% para a gema axilar. Os tratamentos mais favoráveis resultaram no estabelecimento *in vitro* de 93,8% de gemas axilares e 58,3% de gemas apicais, sem contaminação ou oxidação, e aptos à micropropagação. O NaClO é eficaz na assepsia para o estabelecimento *in vitro* de gemas apicais e axilares extraídas da coroa do fruto do abacaxizeiro e a concentração adequada do agente asséptico depende do tipo de explante utilizado.

**Palavras-chave:** *Ananas comosus*; cultura de tecidos; contaminação; oxidação.

## Asepsis and *in vitro* establishment of explants from the pineapple Turiaçu Amazonas cultivar

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the use of sodium hypochlorite solution (NaClO) in the asepsis and *in vitro* establishment of apical and axillary buds extracted from the crown of pineapple fruit of the Turiaçu Amazonas cultivar. The experiment was conducted in a completely randomized design, in a 2x3x2 triple factorial scheme, with two types of explants (axillary bud and apical bud), three concentrations of NaClO in the aseptic solution (0.5%, 1.25%, and 2.5% active chlorine), and two explant immersion times in the aseptic solution (5 and 10 minutes). The highest percentages of *in vitro* established explants were obtained with 5 minutes of immersion in the aseptic solution, with an active chlorine concentration of 0.5% for apical buds and 1.25% for axillary buds. The most favorable treatments resulted in the *in vitro* establishment of 93.8% of apical buds and 58.3% of axillary buds, without contamination or oxidation and suitable for micropropagation. NaClO is effective for asepsis in the *in vitro* establishment of apical and axillary buds extracted from the crown of pineapple fruits, and the appropriate concentration of the aseptic agent depends on the type of explant used.

**Keywords:** *Ananas comosus*; tissue culture; contamination; oxidation.

### 1. INTRODUÇÃO

A cultura do abacaxi destaca-se na segunda posição em termos de valor de produção entre os cultivos agrícolas temporários no Amazonas, superada apenas pela mandioca (IBGE, 2025). Nos plantios comerciais de abacaxizeiro no Amazonas predomina a cultivar Turiaçu Amazonas, cultivada em escala comercial nos municípios de Manaus, Itacoatiara e Careiro da Várzea, dos quais provêm mais de 80% do abacaxi produzido no estado (GARCIA et al., 2025; IBGE, 2025).

Apesar da importância e do longo tempo de cultivo na região, a cultivar Turiaçu Amazonas foi listada no Registro Nacional de Cultivares (RNC/MAPA, registro nº 57085) apenas em 2024 e, posteriormente, a responsável e

mantenedora da cultivar na região passou a ser a Associação dos Produtores de Abacaxi da Região de Novo Remanso (Encarem). O registro foi motivado pelo reconhecimento de que o abacaxi produzido na região recebeu a indicação geográfica, na modalidade de procedência “Novo Remanso” (INPI n. BR402017000004-0). De acordo com Garcia et al. (2025), a cultivar Turiaçu Amazonas recebeu essa denominação devido aos relatos de que as mudas utilizadas nos primeiros plantios deste material no Amazonas (década de 1960) foram trazidas do município de Turiaçu, Maranhão, e também à sua similaridade com a variedade Turiaçu cultivada neste local (ARAUJO et al., 2012). Portanto, a cultivar Turiaçu Amazonas é uma variedade tradicional local

selecionada por agricultores no ambiente regional (GARCIA et al., 2025).

A propagação para o estabelecimento de plantios comerciais do abacaxizeiro cultivar Turiaçu Amazonas é realizada exclusivamente por via vegetativa, com mudas do tipo filhote, as quais, por estarem muito próximas do fruto, são retiradas das plantas juntamente com ele, no momento da colheita (GARCIA et al., 2025). A propagação vegetativa do abacaxizeiro favorece a transmissão de patógenos, tornando as mudas infectadas um dos principais vetores de pragas e doenças da cultura, o que afeta negativamente a produtividade e a qualidade dos frutos. De acordo com Matos et al. (2018), pela circulação de mudas contaminadas, são disseminadas pelas regiões produtoras de abacaxi pragas e doenças importantes, como a fusariose (*Fusarium guttiforme*), a murcha associada à cochonilha (pineapple mealybug wilt-associated virus), o ácaro alaranjado (*Dolichotetranychus floridanus*), a broca do fruto (*Strymon megarus*) e a broca do talo (*Castnia invaria*). Neste contexto, a produção de mudas livres de pragas e doenças é fundamental para a cadeia produtiva do abacaxi.

A micropropagação é indicada como alternativa eficiente para produzir mudas de abacaxizeiro em larga escala, garantindo alta qualidade, uniformidade em tamanho e peso, homogeneidade genética e ausência de pragas e patógenos (COSTA; SCHERWINSKI-PEREIRA, 2009; AYENEW et al., 2013; ALMEIDA et al., 2023), fatores que contribuem para maior produtividade e qualidade dos frutos. Além da sanidade, outras vantagens da micropropagação incluem a possibilidade de produzir mudas em qualquer época do ano, a elevada quantidade de mudas obtidas em espaços reduzidos e o alto número de mudas por explante, o que é particularmente relevante quando o material propagativo é limitado (BARBOZA et al., 2004; COSTA; SCHERWINSKI-PEREIRA, 2009).

Diversos protocolos de micropropagação do abacaxizeiro foram desenvolvidos, explorando técnicas e procedimentos adaptados a diferentes genótipos. A resposta dos explantes às condições de cultivo *in vitro*, principalmente quanto aos tipos e às concentrações de reguladores de crescimento, geralmente é genótipo-específica (NIKUMBHE et al., 2014; ADEOYE et al., 2020; MENGS, 2021; GUZMÁN-ANTONIO et al., 2023; SALAS-VALDIVIA et al., 2023; SILUE et al., 2024).

Para que a micropropagação seja bem-sucedida, a primeira etapa é o estabelecimento *in vitro* de explantes em condições assépticas que permitam a propagação e a regeneração de plantas completas e sadias. Antes da introdução *in vitro*, os explantes são submetidos a tratamento de assepsia com produtos germicidas para evitar a contaminação microbiana, principalmente por fungos e bactérias, comuns na fase de estabelecimento *in vitro*. Nesta fase, os propágulos microbianos presentes nos explantes encontram um ambiente favorável à sua multiplicação e podem levar à morte dos explantes (OLIVEIRA et al., 2021). Outro processo que frequentemente leva à morte de explantes introduzidos *in vitro* na fase de estabelecimento é a oxidação. A oxidação *in vitro* é influenciada pela interação entre fatores internos relacionados à espécie, ao genótipo e ao estado fisiológico dos explantes, e fatores externos, como os produtos utilizados no tratamento dos explantes, a composição do meio de cultura e as condições ambientais da cultura (LIU et al., 2024).

Os principais tipos de explantes utilizados na

micropropagação *in vitro* do abacaxizeiro são gemas axilares e apicais, extraídas de diferentes tipos de propágulos, como mudas do tipo coroa, filhote e filhote rebentão. Comparada à gema axilar, a gema apical apresenta maior dificuldade na extração do explante, menor disponibilidade por propágulo e desenvolvimento inicial *in vitro* mais lento (SANTOS, 2023). Contudo, a gema apical é o explante recomendado quando é necessário realizar a limpeza clonal do material, ou seja, eliminar patógenos que afetam o sistema vascular das plantas (ALBUQUERQUE et al., 2000).

Apesar da importância da cultivar Turiaçu Amazonas e do potencial da cultura de tecidos para a produção *in vitro* em larga escala de mudas de abacaxizeiros de alta qualidade, ainda não há protocolos recomendados de micropropagação para esta cultivar. Como o desenvolvimento de protocolos depende, inicialmente, do estabelecimento *in vitro* de explantes em condições assépticas e fisiológicas adequadas para sua posterior multiplicação e regeneração em plantas completas, é importante estudar procedimentos eficientes para esta fase do cultivo *in vitro*. Neste contexto, o objetivo desse estudo foi avaliar os procedimentos de assepsia no estabelecimento *in vitro* de gemas axilares e apicais extraídas da coroa do fruto da cultivar Turiaçu Amazonas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Cultura de Tecidos de Plantas da Embrapa Amazônia Ocidental, localizado na rodovia AM-010, km 29, em Manaus-AM.

Como fonte de explantes, foram usadas coroas obtidas de frutos maduros, em ponto de colheita comercial, produzidos em cultivo comercial do abacaxizeiro, cultivar Turiaçu Amazonas, na Fazenda Santa Eliza, na comunidade Vila do Engenho, no município de Itacoatiara, Amazonas, coordenadas 03°09'08.1"S 59°07'41.9"W.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial triplo 2x3x2, com dois tipos de explantes (gema axilar e gema apical), três concentrações de hipoclorito de sódio na solução asséptica (0,5 %, 1,25 % e 2,5 % de cloro ativo) e dois tempos de imersão dos explantes (5 e 10 minutos), com três repetições e oito explantes em cada unidade experimental. Cada explante foi cultivado individualmente em um tubo de ensaio de 150 mm x 25 mm, contendo 10 mL de meio de cultura semissólido. O meio de cultura utilizado foi composto por sais minerais e vitaminas formulados por Murashige; Skoog (1962), suplementado com sacarose (30 g L<sup>-1</sup>) e Phytigel® (2,4 g L<sup>-1</sup>), com pH ajustado para 5,8 ± 0,1 antes da autoclavagem por 15 minutos a 121 °C.

As coroas dos frutos recebidas no laboratório (Figura 1A) foram lavadas em água corrente para a remoção de resíduos superficiais; em seguida, as mudas foram desfolhadas (Figura 1B), deixando o talo completamente exposto (Figura 1C). Em ambiente asséptico, em câmara de fluxo laminar, os talos foram imersos por 1 minuto em álcool etílico a 70% (v/v) (Figura 1D). Todos os procedimentos posteriores, incluindo a extração das gemas, a aplicação dos tratamentos experimentais e a introdução dos explantes *in vitro*, foram realizados em câmara de fluxo laminar, em condições assépticas. Após o tempo de imersão na solução alcoólica, os talos foram lavados três vezes consecutivas com água destilada (autoclavada) para a eliminação do asséptico e, então, iniciou-se a extração das gemas.

As gemas axilares foram extraídas do talo com pinça e bisturi (Figura 1E), com tamanho aproximado entre 5 mm e 10 mm, e colocadas em placas de Petri até serem submetidas aos tratamentos de assepsia. No caso dos ápices caulinares, a porção superior do talo foi reduzida a aproximadamente 1 cm de comprimento (Figura 1F) e, em seguida, os explantes foram submetidos aos tratamentos de assepsia. Após o tratamento de assepsia, os explantes contendo o ápice caulinar foram reduzidos, com lupa, pinça e bisturi, mantendo a gema apical intacta e alguns primórdios foliares, com tamanho aproximado de 2 mm, e foram introduzidos *in vitro* no meio de cultura (Figura 2).

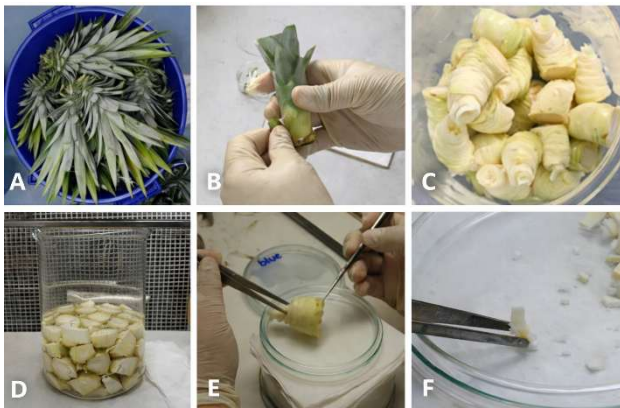


Figura 1. Procedimentos para extração de gemas apicais e axilares do talo da coroa do fruto do abacaxizeiro Turiaçu Amazonas. Coroas de frutos de abacaxizeiro (A), desfolhagem da coroa (B), talo da coroa exposto (C), assepsia dos talos com álcool 70% (D), individualização das gemas axilares (E) e primeira redução das gemas apicais (F).

Figure 1. Procedures for extracting apices and axillary buds from the crown stem of the Turiaçu Amazonas pineapple fruit. Pineapple fruit crowns (A), crown defoliation (B), exposed crown stem (C), stem asepsis with 70% alcohol (D), isolation of axillary buds (E), and first reduction of apical buds (F)

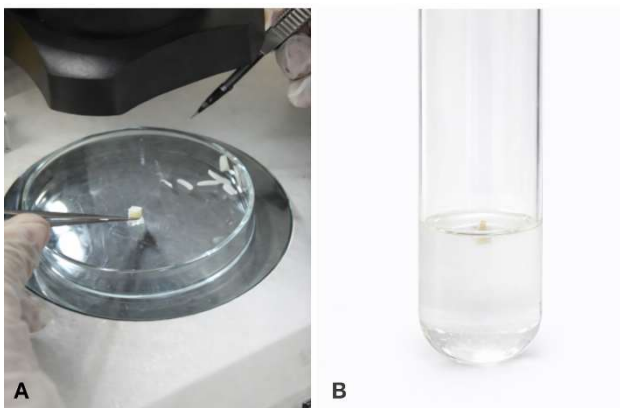


Figura 2. Procedimento de isolamento da gema apical do talo da coroa do fruto do abacaxizeiro Turiaçu Amazonas. Segunda redução da gema apical com auxílio de lupa (A) e explante após 7 dias da introdução *in vitro* (B).

Figure 2. Procedure for isolating the apical bud from the crown stem of the Turiaçu Amazonas pineapple fruit. Second reduction of the apical bud with the aid of a stereomicroscope (A) and explant after 7 days of *in vitro* introduction (B).

Os tratamentos de assepsia consistiram em três concentrações de cloro ativo em solução de hipoclorito de sódio (0,5, 1,25 e 2,5 %) e em dois tempos de imersão dos explantes na solução (5 e 10 minutos). Após o tratamento na

solução asséptica, os explantes foram submetidos a três lavagens com água destilada e autoclavada para a eliminação de resíduos de hipoclorito de sódio e, em seguida, foram introduzidos *in vitro* no meio de cultura.

As culturas foram mantidas em sala de cultivo, em ambiente com temperatura de  $27 \pm 1$  °C e umidade de 60-70%. Nos primeiros sete dias após a introdução *in vitro*, as culturas foram mantidas na ausência de luz; após esse período, foram mantidas sob fotoperíodo de 16 horas de luz (intensidade luminosa de  $30 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^1$ ). Aos 45 dias após a inoculação, foram registrados explantes contaminados por fungos ou bactérias, oxidados e dormentes. Explantes dormentes foram considerados aqueles que, apesar de não apresentarem características de tecidos oxidados (coloração escura) ou de contaminação, permaneceram inalterados desde a inoculação, sem intumescimento nem crescimento visível. Por diferença, foram considerados estabelecidos *in vitro* e aptos à micropropagação os explantes não contaminados, não oxidados e que apresentaram crescimento visível (Figura 3). Os resultados foram expressos como percentuais para cada condição do explante em relação ao número de explantes introduzidos *in vitro*.

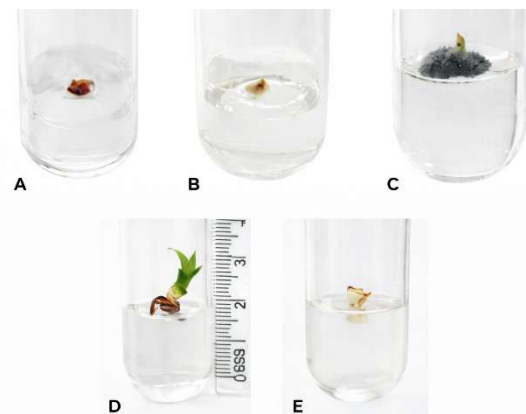


Figura 3. Respostas de explantes extraídos do talo da coroa do fruto do abacaxizeiro, cultivar Turiaçu Amazonas, após a introdução *in vitro*. Explante oxidado (A), contaminado por bactéria (B) e por fungo (C). Explantes estabelecidos em condições assépticas após 45 dias da introdução *in vitro*: broto desenvolvido a partir de gema axilar (D) e gema apical em desenvolvimento (E).

Figure 3. Responses of explants extracted from the crown stem of pineapple fruit cultivar Turiaçu Amazonas after *in vitro* introduction: oxidized (A), contaminated by bacteria (B), and contaminated by fungi (C). Explants established under aseptic conditions after 45 days of *in vitro* culture: shoot developed from an axillary bud (D) and apical bud in development (E).

Após verificadas as pressuposições da análise de variância (ANOVA): aditividade do modelo (Teste de Tukey), independência dos erros (Teste de Durbin-Watson), distribuição normal dos erros (Teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variâncias (Teste de Bartlett), os dados originais foram submetidos à ANOVA ( $F, p < 0,05$ ) e ao teste de médias (Tukey,  $p < 0,05$ ). Quando as interações entre os fatores principais tiveram efeitos significativos na ANOVA, as comparações de médias foram realizadas com base nos respectivos desdobramentos. As variáveis que não atenderam aos pressupostos da ANOVA foram submetidas a análises não paramétricas, utilizando o teste de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ) para a verificação dos efeitos dos tratamentos e o teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ) para a comparação múltipla de médias. A análise de variância e o teste de Tukey foram

realizados no programa RBIO (BHERING, 2017), e os testes de Kruskal-Wallis e de Bonferroni ( $p < 0,05$ ) no software ActionStat (ESTATCAMP, 2014).

### 3. RESULTADOS

Na análise de variância (Tabela 1) para o percentual de explantes contaminados, foram observados efeitos significativos do tipo de explante (E) e da concentração do hipoclorito de sódio na solução asséptica (C), e efeitos não significativos do tempo de imersão dos explantes na solução asséptica (I). Além dos efeitos principais, duas interações foram significativas:  $E \times C$  e  $C \times T$ . Assim, procedeu-se aos desdobramentos para comparar as médias das concentrações de hipoclorito e dos tempos de imersão para cada tipo de gema, separadamente.

Tabela 1. Resumo da análise de variância da contaminação (%) de gemas extraídas do talo da coroa do fruto de abacaxi da cultivar Turiaçu Amazonas, em função do tipo de explante, da concentração de hipoclorito de sódio e do tempo de imersão do explante na solução asséptica.

Table 1. Summary of the analysis of variance for bud contamination (%) of explants extracted from the crown stem of pineapple fruits of the cultivar Turiaçu Amazonas, as a function of explant type, sodium hypochlorite concentration, and explant immersion time in the aseptic solution.

Fonte de Variação	GL	QM	F	Probabilidade	
Explante (E)	1	5625,0	24,5	0,0000	**
Tempo (I)	1	17,4	0,1	0,7859	ns
Concentração (C)	2	1319,4	5,7	0,0092	**
E x T	1	156,3	0,7	0,4180	ns
E x C	2	1093,8	4,8	0,0182	**
T x C	2	850,7	3,7	0,0398	*
E x T x C	2	364,6	1,6	0,2257	ns
Resíduo	24	230,0			

Coeficiente de variação = 78%

\* e \*\*, respectivamente, significativos a 1% e 5% de probabilidade; ns = não significativo.

\* and \*\*, significant at 1% and 5% probability levels, respectively; ns = not significant.

Na comparação do tipo de gema entre as concentrações de hipoclorito de sódio, as médias de contaminação das gemas axilares foram superiores às observadas nas gemas apicais nas concentrações de 0,5 e 1,25% de cloro ativo e não diferiram na concentração de 2,5% (Tabela 2).

As médias do percentual de gemas apicais contaminadas nas três concentrações de hipoclorito avaliadas não diferiram estatisticamente entre si, variando de 4,17 a 10,41% (Tabela 2). Nenhuma combinação de concentração da solução de hipoclorito de sódio e de tempo de imersão dos explantes promoveu a oxidação das gemas apicais. Também não foram observados explantes dormentes; todos os explantes não contaminados permaneceram vivos, entumecidos e/ou crescidos, e aptos à multiplicação *in vitro*.

Para a gema axilar, observou-se 52,08% de explantes contaminados na assepsia quando se utilizou a solução de hipoclorito de sódio com 0,5% de cloro ativo, valor estatisticamente superior ao observado com 2,5% de cloro ativo (12,5%) (Tabela 2). O percentual de gemas axilares contaminadas na assepsia com solução de hipoclorito de sódio a 1,25% de cloro ativo foi de 31,25%, o que não diferiu estatisticamente das médias de contaminação observadas nas concentrações de 0,5% e 2,5%.

Tabela 2. Médias de contaminação (%) após 45 dias da inoculação *in vitro* de gemas axilares e apicais, extraídas do talo da coroa do fruto do abacaxi da cultivar Turiaçu Amazonas, em função da concentração de hipoclorito de sódio na solução asséptica.

Table 2. Means for contamination (%) after 45 days of *in vitro* inoculation of axillary and apical buds extracted from the crown stem of pineapple fruits of the cultivar Turiaçu Amazonas, as a function of sodium hypochlorite concentration in the aseptic solution.

Explante	Concentração de hipoclorito de sódio (cloro ativo)		
	0,5 %	1,25 %	2,5 %
Gema apical	6,25 B a	10,41 B a	4,17 A a
Gema axilar	52,08 A a	31,25 A ab	12,50 A b

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna (tipo de gema) e mesma letra minúscula na linha (concentração da solução de hipoclorito) não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Means followed by the same uppercase letters in the column (bud type) and the same lowercase letters in the row (sodium hypochlorite solution concentration) do not differ statistically according to Tukey's test at the 5% probability level.

Quando comparadas as taxas de contaminação de explantes, independentemente da concentração de cloro ativo na solução, os valores observados para gemas axilares (12,5 a 52,08%) foram sempre superiores aos observados para gemas apicais (4,17 a 10,41%) (Tabela 2).

Diferentemente do observado para gemas apicais, que não sofreram oxidação, a concentração de hipoclorito de sódio na solução asséptica (C) teve efeito significativo sobre o percentual de oxidação das gemas axilares, mas não sobre o tempo de imersão dos explantes na solução (I) nem sobre a interação  $C \times T$  (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para oxidação (%) após 45 dias da introdução *in vitro* de gemas axilares, extraídas do talo da coroa do fruto do abacaxizeiro cultivar Turiaçu Amazonas, em função da concentração da solução de hipoclorito de sódio e do tempo de imersão do explante na solução asséptica.

Table 3. Summary of the analysis of variance for oxidation (%) after 45 days of *in vitro* introduction of axillary buds extracted from the crown stem of pineapple plants of the cultivar Turiaçu Amazonas, as a function of sodium hypochlorite solution concentration and immersion time of the explant in the aseptic solution.

Fonte de Variação	GL	QM	F	Probabilidade
Concentração (C)	2	1640,7	18,9	0,0002 **
Tempo (I)	1	78,1	0,9	0,3615 ns
C x T	2	26,1	0,3	0,7462 ns
Resíduo	12	86,8		

Coeficiente de variação = 63,89%

\*\* e ns, respectivamente, significativos e não significativos a 1% de probabilidade.

\*\* and ns, significant and not significant at the 1% probability level, respectively.

O percentual médio de oxidação das gemas axilares observado quando utilizada a solução asséptica com 2,5% de cloro ativo (33,33%) foi significativamente superior aos observados com as concentrações de 0,5% e 1,25% de cloro ativo, os quais não diferiram entre si (Tabela 4).

Para gemas axilares, verificou-se a ocorrência de explantes dormentes, com efeito significativo na variável concentração de cloro ativo na solução asséptica, porém sem efeito do tempo de imersão dos explantes na solução (Tabela 5). O percentual de explantes dormentes observado com a solução contendo 2,5% de cloro ativo foi significativamente

superior ao observado nas soluções com concentrações inferiores, que não diferiram estatisticamente entre si.

Tabela 4. Médias de oxidação (%) de gemas axilares extraídas do talo da coroa do fruto do abacaxi da cultivar Turiaçu Amazonas, em função da concentração da solução de hipoclorito de sódio utilizada na assepsia dos explantes.

Table 4. Mean oxidation (%) of axillary buds extracted from the crown stem of pineapple fruit of the cultivar Turiaçu Amazonas, as a function of sodium hypochlorite solution concentration used for explant asepsis.

Cloro ativo na solução de hipoclorito de sódio (%)	Oxidação de gemas axilares (%)
0,50	2,08 B
1,25	8,33 B
2,50	33,33 A

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente, segundo o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Means followed by the same letters in the column do not differ statistically according to Tukey's test ( $p < 0,05$ ).

Tabela 5. Médias de gemas axilares dormentes (%) após 45 dias de introdução *in vitro*, em função da concentração de hipoclorito de sódio e do tempo de imersão no tratamento asséptico, em explantes extraídos do talo da coroa do fruto de abacaxi da cultivar Turiaçu Amazonas.

Table 5. Means of dormant axillary buds (%) after 45 days of *in vitro* introduction, as a function of sodium hypochlorite concentration and immersion time in the aseptic treatment, in explants extracted from the crown stem of pineapple fruits of the cultivar Turiaçu Amazonas.

Concentração de cloro ativo na solução de hipoclorito de sódio (%)	Tempo de imersão (minutos)			
	5		10	
0,50	0,0	Ba	0,0	Ba
1,25	0,0	Ba	4,2	Ba
2,50	37,5	Aa	37,5	Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna (concentrações de hipoclorito de sódio) e pela mesma letra minúscula na linha (tempos de imersão na solução) não diferem estatisticamente entre si pelo teste não paramétrico de comparação múltipla de médias de Bonferroni ( $p < 0,05$ ).

Means followed by the same uppercase letters in the column (sodium hypochlorite concentrations) and the same lowercase letters in the row (immersion times in the solution) do not differ statistically according to Bonferroni's nonparametric multiple comparison test ( $p < 0,05$ ).

Para explantes estabelecidos *in vitro*, obtidos pela exclusão dos contaminados, oxidados e dormentes, identificaram-se efeitos significativos do tipo de explante e da interação explante  $\times$  concentração da solução de hipoclorito de sódio (Tabela 6). O tempo de imersão não apresentou efeito significativo isolado nem em interação com as demais fontes de variação.

O percentual de explantes estabelecidos *in vitro* para gemas apicais foi superior ao observado para gemas axilares em todas as concentrações de cloro ativo utilizadas (Tabela 7). A média de explantes estabelecidos *in vitro* para gemas apicais variou de 89,6% a 95,8% em diferentes concentrações de cloro ativo na solução asséptica, valores que não diferiram estatisticamente entre si. Para gemas axilares, o percentual de explantes estabelecidos *in vitro* obtido com solução contendo 1,25% de cloro ativo (58,3%) foi significativamente superior ao obtido com 2,5% de cloro ativo (22,9%), que não diferiu do obtido com 0,5% de cloro ativo (45,8%).

Considerando todas as variáveis avaliadas, os melhores resultados para o estabelecimento *in vitro* de gemas apicais

foram obtidos com 5 minutos de imersão dos explantes em solução de hipoclorito de sódio a 0,5%, resultando em 93,8% dos explantes estabelecidos *in vitro* em condições adequadas para multiplicação. Para gemas axilares, os melhores resultados foram obtidos com 5 minutos de imersão em solução a 1,25% de cloro ativo, resultando em 58,3% de explantes estabelecidos *in vitro*.

Tabela 3. Resumo da análise de variância do percentual de gemas axilares e apicais estabelecidas *in vitro* após 45 dias da inoculação, em função da concentração da solução de hipoclorito de sódio e do tempo de imersão dos explantes na solução asséptica, em explantes extraídos do talo da coroa do fruto do abacaxi da cultivar Turiaçu Amazonas.

Table 3. Summary of the analysis of variance of the percentage of axillary and apical buds established *in vitro* after 45 days of inoculation, as a function of the sodium hypochlorite solution concentration and the immersion time of the explants in the aseptic solution, in explants extracted from the crown stem of pineapple fruits of the cultivar Turiaçu Amazonas.

Fonte de Variação	GL	QM	F	Probabilidade
Explante (E)	1	23129,3	82,0	0,0000 **
Tempo (I)	1	212,7	0,8	0,3939 ns
Concentração	2	677,1	2,4	0,1122 ns
E*I	1	525,2	1,9	0,1851 ns
E*C	2	1319,4	4,7	0,0193 **
I*C	2	329,9	1,2	0,3277 ns
E*I*C	2	69,4	0,2	0,7838 ns
Resíduo	24	282,1		

\*\* e ns, respectivamente, significativos e não significativos a 1% de probabilidade.

\*\* and ns, significant and not significant at the 1% probability level, respectively.

Tabela 4. Média de explantes estabelecidos (%) após 45 dias da introdução *in vitro* de gemas apicais e axilares, extraídas do talo da coroa do fruto do abacaxi da cultivar Turiaçu Amazonas, em função da concentração da solução de hipoclorito de sódio utilizada no tratamento asséptico.

Table 4. Mean of established explants (%) after 45 days of *in vitro* introduction of apical and axillary buds extracted from the crown stem of pineapple fruits of the cultivar Turiaçu Amazonas, as a function of the sodium hypochlorite solution concentration used in the aseptic treatment.

Concentração de hipoclorito de sódio (% de cloro ativo)	Gema apical		Gema axilar	
	0,50	93,8	A a	45,8
1,25	89,6	A a	58,3	A b
2,50	95,8	A a	22,9	B b

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna (concentração da solução asséptica) e pela mesma letra minúscula na linha (tipo de explante) não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Means followed by the same uppercase letters in the column (aseptic solution concentration) and the same lowercase letters in the row (explant type) do not differ statistically according to Tukey's test at the 5% probability level.

#### 4. DISCUSSÃO

O maior percentual de contaminação das gemas axilares em relação às gemas apicais, especialmente quando se utilizam concentrações inferiores de hipoclorito de sódio, pode estar relacionado à localização do explante na planta. Os ápices encontram-se em ambiente mais protegido, enquanto as gemas axilares estão mais expostas aos microrganismos presentes na superfície vegetal.

A extração da gema apical é um procedimento mais laborioso do que a extração de gemas axilares (5–10 mm), pois, devido ao menor tamanho do explante (aproximadamente 2 mm), é necessário o uso de lupa e manipulação cuidadosa para evitar danos que comprometam a sobrevivência após a inoculação *in vitro*. Apesar disso, a gema apical é recomendada para a limpeza clonal de materiais vegetais quando há contaminação por patógenos que atacam o sistema vascular das plantas (ALBUQUERQUE et al., 2000; SILVA et al., 2021). Por outro lado, o tempo de propagação é maior quando se utiliza a gema apical, pois esta desenvolve-se mais lentamente *in vitro* do que a gema axilar (SANTOS, 2023).

Os percentuais médios de contaminação observados para gemas apicais neste estudo (4,17 a 10,41%) foram baixos, em comparação com valores relatados na literatura sobre micropropagação do abacaxizeiro. Na micropropagação do abacaxizeiro cv. Kew, a partir de gemas apicais de diferentes tipos de mudas, Nikumbhe et al. (2014) relataram contaminação de 31,4% quando utilizada a coroa do fruto, 21,9% quando utilizada a muda tipo filhote e 47,3% quando utilizada a muda tipo filhote rebentão.

Em estudo com gemas axilares, Albim et al. (2005) relataram valores de contaminação de até 32% em explantes de curauá utilizando hipoclorito de sódio a 2% de cloro ativo, valor semelhante ao observado neste estudo para gemas axilares tratadas com solução contendo 1,25% de cloro ativo (31,25%). Souza et al. (2023) observaram percentuais de contaminação de 33%, 12% e 0% em gemas axilares de plantas adultas das cultivares Pérola, BRS Imperial e Smooth Cayenne, respectivamente, evidenciando variação entre genótipos.

A diferença observada no percentual de oxidação entre gemas axilares e apicais pode estar relacionada ao procedimento de assepsia adotado. As gemas axilares foram submetidas diretamente ao tratamento asséptico antes da introdução *in vitro*, enquanto as gemas apicais ainda apresentavam camadas de tecido de proteção durante o tratamento, as quais foram removidas posteriormente.

Bienvenu et al. (2017) avaliaram diferentes concentrações de hipoclorito de sódio na assepsia de gemas axilares de abacaxizeiros e observaram melhores resultados com 5 minutos de imersão em solução com 1,2% de cloro ativo para a cultivar Smooth Cayenne e 15 minutos em solução com 0,8% para a cultivar Pão de Açúcar. Esses resultados indicam que há variações na resposta dos genótipos em relação à concentração da solução asséptica e ao tempo de imersão, embora as faixas observadas na literatura sejam semelhantes às concentrações consideradas mais adequadas neste estudo para o abacaxizeiro cultivar Turiaçu Amazonas.

De modo geral, verificou-se que, para gemas axilares, o aumento da concentração de cloro ativo na solução asséptica reduziu o percentual de contaminação dos explantes. Entretanto, esse aumento foi acompanhado de elevação dos percentuais de oxidação e de dormência, resultando em menor percentual de sobrevivência dos explantes aptos à multiplicação *in vitro*. Por outro lado, o tempo de imersão dos explantes na solução asséptica não teve influência significativa sobre o percentual de explantes estabelecidos *in vitro*, independentemente do tipo de gema.

Os resultados obtidos permitiram recomendar procedimentos eficientes para o estabelecimento *in vitro* de gemas apicais e axilares do abacaxizeiro cultivar Turiaçu Amazonas, com baixos percentuais de contaminação e de

oxidação. As diferenças observadas entre os resultados obtidos e os relatados na literatura demonstram a importância de determinar as melhores condições de assepsia para genótipos específicos de abacaxizeiros.

## 5. CONCLUSÕES

A solução de hipoclorito de sódio é eficaz na assepsia de gemas axilares e apicais extraídas do talo da coroa do fruto do abacaxizeiro da cultivar Turiaçu Amazonas, para a introdução e o estabelecimento em condições assépticas e fisiológicas adequadas ao cultivo desses explantes *in vitro*.

Na assepsia de gemas extraídas do talo da coroa de frutos de abacaxi da cultivar Turiaçu Amazonas, recomenda-se a imersão dos explantes em solução de hipoclorito de sódio, com concentração de 0,5% de cloro ativo para gemas apicais e de 1,25% para gemas axilares, por 5 minutos.

Na fase de estabelecimento *in vitro*, o percentual de explantes estabelecidos *in vitro* obtidos a partir de gemas apicais é superior ao de gemas axilares extraídas do talo da coroa do fruto do abacaxizeiro cultivar Turiaçu Amazonas.

## 6. REFERÊNCIAS

- ADEOYE, B. A.; LAWYER, E. F.; HASSAN, K. O.; ILESANMI, A. O.; RICHARD-OLEBE, T. C.; OYEDEJI, T. T.; ADEREMI, T. A.; AJONGBOLO, F. B.; ADEDEJI, A. A. Optimization of Plant Growth Regulator (PGR) on *in vitro* propagation of pineapple (*Ananas comosus* (L.) var. Smooth Cayenne). **International Journal of Recent Research in Life Sciences**, v. 7, n. 1, p. 13-20, 2020.
- ALBIM, E. M. S.; LAMEIRA, O.A.; REIS, I.N.R.S. Propagação *in vitro* de curauá (*Ananas erectifolius* L.B. Smith) – Bromeliaceae. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 44, p. 131-143, 2005.
- ALBUQUERQUE, C. C.; CAMARA, T. R.; MENEZES, M.; WILLADINO, L.; MEUNIER, I.; ULISSES, C. Cultivo *in vitro* de ápices caulinares de abacaxizeiro para limpeza clonal em relação à fusariose. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 2, p. 363-366, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162000000200027>
- ALMEIDA, M. do R. A.; SOUZA, E. H. de; COSTA, E. M. R.; SOUZA, F. V. D. Vegetative propagation strategies in commercial pineapple cultivars. **Revista Caatinga**, v. 36, n. 3, p. 513-523, 2023. <https://doi.org/10.1590/10.1590/1983-21252023v36n304rc>
- ARAUJO, J. R. G.; AGUIAR JÚNIOR, R. A.; CHAVES, A. M. S.; REIS, F. de O.; MARTINS, M. R. Abacaxi ‘Turiaçu’: cultivar tradicional nativa do Maranhão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1270-1276, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000400037>
- AYENEW, B.; TADESSE, T.; GEBREMARIAM, E.; MENGESHA, A., TEFERA, W. Efficient use of temporary immersion bioreactor (TIB) on pineapple (*Ananas comosus* L.) multiplication and rooting ability. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, v. 2, n. 4, p.2 456-2465, 2013.
- BARBOZA, S. B. S. C.; CALDAS, L. S.; SOUZA, L. A. C. Micropropagação do híbrido PExSC-52 e da cultivar Smooth Cayenne de abacaxizeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 725-733, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000800001>
- BHERING, L. L. Rbio: a tool for biometric and statistical analysis using the R platform. **Crop Breeding and**

- Applied Biotechnology**, v. 17, n. 2, p. 187-190, 2017. <https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n2s29>
- BIENVENU, B. T.; ARNAUD, A.; LEIFI, N.; RENÉ, D.; CACAÏ, G. T. H.; SERGE, H. S.; CORNEILLE, A. Effects of two disinfectants and two growth regulators on *in vitro* propagation of Smooth Cayenne and Sugarloaf cultivars of pineapple (*Ananas comosus* (L) Mill var. *comosus*). **Journal of Biotechnology Research**, v. 3, n. 10, p. 94-105, 2017.
- COSTA, F. H. S.; SCHERWINSKI-PEREIRA, J. E. Propagação clonal *in vitro* de abacaxizeiros: metodologias e aplicações para a obtenção de mudas em larga escala. In: OLIVEIRA, L. C. de (ed.). **Embrapa Acre: Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento Sustentável do Sudoeste da Amazônia**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2009. cap. 15, p. 285-316. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/661792/1/22912.pdf>.
- ESTATCAMP. **Software Action**. Estatcamp - Consultoria em estatística e qualidade. 2014. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br>
- GARCIA, M. V. B.; LOPES, R.; GARCIA, T. B.; CABRAL, J. R. S.; MATOS, A. P.; RODRIGUES, M. R. L.; MARTINS, G. C. **Cultivar de Abacaxi Turiaçu Amazonas: Características Morfológicas e Agronômicas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2025. 11p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 60).
- GUZMÁN-ANTONIO, A.; CANTO-FLICK, A.; AVILÉS-VIÑAS, S.; RODRÍGUEZ-LLANES, Y.; PIJEIRA-FERNÁNDEZ, G.; SANTANA-BUZZY, N. Highly efficient system for the micropropagation and acclimatization of pineapple *in vitro* plants (*Ananas comosus* L. Merr, var. MD2). **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 96, p. 109-116, 2023. <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2023.096.014>
- IBGE\_Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2025. Produção Agrícola Municipal (PAM). **Produção agropecuária do cultivo do abacaxi no Brasil**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/>.
- LIU, C.; FAN, H.; ZHANG, J.; WU, J.; ZHOU, M.; CAO, F.; TAO, G.; ZHOU, X. Combating browning: mechanisms and management strategies in *in vitro* culture of economic woody plants. **Forestry Research**, v. 4, e32, 2024. <https://doi.org/10.48130/forres-0024-0026>
- MATOS, A. P.; PADUA, T. R. P.; OLIVEIRA, F. O. P.; CORDEIRO, Z. J. M.; PEREIRA, R. S. **Sistema orgânico de produção de mudas de abacaxi**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2018. 11p. (Circular Técnica, 127)
- MENGS, B. *In vitro* protocol optimization for mass propagation of pineapple (*Ananas comosus* L.) cv. Smooth Cayenne. **European Journal of Biotechnology and Bioscience**, v. 9, n. 2, p. 28-33, 2021. Available at: <<https://www.biosciencejournals.com/assets/archives/2021/vol9issue2/9-3-13-857.pdf>>.
- NIKUMBHE, P. H.; SONAVANE, P. N.; SABLE, P. A. *In vitro* technology for propagation of pineapple (*Ananas comosus*) cv. KEW. **International Journal of Agricultural Sciences**, v. 10, n. 1, p. 172-174, 2014.
- OLIVEIRA, N. P.; RIBEIRO, S. A. F.; SOUZA, M. M. de. Controle de contaminação e oxidação no cultivo *in vitro* de oliveira (*Olea europaea* L.) cv. "Koroneiki". **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, e30710514929, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14929>
- SALAS-VALDIVIA, D.; DÍAZ-GODÍNEZ, L. A.; CASTAÑEDA-NAVA, J. J.; RODRIGUEZ-DOMÍNGUEZ, J. M. Micropropagation of pineapple (*Ananas comosus* L. Merr) MD2 variety through axillary bud proliferation. **Mexican Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 3, p. 49-62, 2023. <https://doi.org/10.29267/mxjb.2023.8.3.49>
- SANTOS, C. A. **Micropropagação *in vitro* do abacaxizeiro 'Turiaçu' cultivado no município de Itacoatiara-AM**. 98f. Dissertação (Mestrado em Agricultura no Trópico Úmido) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, 2023.
- SILUE, O.; KOUADIO, O. K. S.; KOFFI, K. H.; ZRAN, E.; TOURE, M.; KOUASSI, M. K. Efficient and rapid *in vitro* micropropagation of MD2 and H4 pineapple varieties. **Australian Journal of Crop Science**, v. 18, n. 9, p. 591-597, 2024. <https://doi.org/10.21475/ajcs.24.18.09.pl53>
- SILVA, B. F. B.; SOUZA, E. H.; OLIVEIRA, R. S.; LEDO, C. A. S.; SOUZA, F. V. D. Strategies for vegetative propagation and viral cleaning of a miniature ornamental pineapple hybrid. **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v. 43, e53097, 2021. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v43i1.53097>
- SOUZA, E. M. de; LEDO, C. A. da S.; SOUZA, E. H. de; SOUZA, F. V. D. Propagation potential of commercial pineapples and impact of the subculture interval on production planning. **Revista Ciência Agronômica**, v. 54, e20228404, 2023. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20230023>

**Agradecimentos:** À assistente Rosimar Fernandes de Souza do Laboratório de Cultura de Tecidos de Plantas da Embrapa Amazônia Ocidental, pelo apoio nos experimentos. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, pelo apoio financeiro e pela concessão de bolsa. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelas bolsas de produtividade dos pesquisadores Maria Teresa Gomes Lopes (Processo nº 306943/2025-5), Ricardo Lopes (Processo nº 308815/2023-8) e Santiago Linorio Ferreyra Ramos (Processo nº 305280/2022-8).

**Contribuições dos autores:** C.A.S.: metodologia, coleta de dados, interpretação de resultados, redação da versão original do manuscrito e revisão & edição da versão final do manuscrito; P.K.H.: coleta de dados, revisão & edição da versão final do manuscrito; E.J.D.S.: coleta de dados, revisão & edição da versão final do manuscrito; I.L.D.P.: coleta de dados, revisão & edição da versão final do manuscrito; M.T.G.L.: concepção da pesquisa, metodologia, redação da versão original do manuscrito e revisão & edição da versão final do manuscrito; S.L.F.R.: concepção da pesquisa, metodologia, redação da versão original do manuscrito e revisão & edição da versão final do manuscrito; R.L.: concepção da pesquisa, metodologia, análise estatística, interpretação dos dados, supervisão, redação da versão original do manuscrito e revisão & edição da versão final do manuscrito. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

**Financiamento:** Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas - FAPEAM.

**Disponibilidade de dados:** Os dados desta pesquisa poderão ser obtidos por e-mail, mediante solicitação ao autor correspondente.

**Conflito de interesses:** Os autores declaram não haver conflitos de interesses.



**Copyright:** © 2026 by the authors. This article is an Open-Access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons **Attribution-NonCommercial (CC BY-NC)** license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).