



Avaliação agronômica, conservação e qualidade pós-colheita de variedades de alho precoces livres de vírus na região do semiárido piauiense



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Hortaliças
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
249**

**Avaliação agronômica, conservação
e qualidade pós-colheita de variedades
de alho precoces livres de vírus na região
do semiárido piauiense**

Joanderson Mendes de Almeida

Iriani Rodrigues Maldonade

Lenita Lima Haber

Henoque Ribeiro da Silva

Francisco Vilela Resende

Embrapa Hortaliças

Brasília, DF

2022

Exemplares desta publicação
podem ser adquiridos na

Embrapa Hortaliças

Rodovia BR-060, trecho Brasília-Anápolis, km 9
Caixa Postal 218
Brasília-DF
CEP 70.275-970
Fone: (61) 3385.9000
Fax: (61) 3556.5744
www.embrapa.br/fale-conosco/sac
www.embrapa.br

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Hortaliças

Presidente

Henrique Martins Gianvecchio Carvalho

Editora Técnica

Flávia M. V. Clemente

Secretária

Clidineia Inez do Nascimento

Membros

Geovani Bernardo Amaro

Lucimeire Pilon

Raphael Augusto de Castro e Melo

Carlos Alberto Lopes

Marçal Henrique Amici Jorge

Alexandre Augusto de Morais

Giovani Olegário da Silva

Francisco Herbeth Costa dos Santos

Caroline Jácome Costa

Iriani Rodrigues Maldonade

Francisco Vilela Resende

Italo Morais Rocha Guedes

Normalização Bibliográfica

Antonia Veras de Souza

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

André L. Garcia

Imagem da capa

Joanderson Mendes de Almeida e

Francisco Vilela Resende

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Hortaliças

Avaliação agrônômica, conservação e qualidade pós-colheita de variedades de
alho precoces livres de vírus na região do semiárido piauiense / Joanderson
Mendes de Almeida ... [et al.]. - Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2022.
36 p. : il. color. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Hortaliças,
ISSN 1677-2229 ; 249).

1. *Allium sativum*. 2. Características agrônômicas. 3. Conservação. I. Almeida,
Joanderson Mendes de. II. Embrapa Hortaliças. III. Série.

CDD 635.26

Sumário

Resumo	7
Abstract	9
Introdução.....	11
Material e Métodos	13
Resultados e Discussão	19
Conclusão.....	29
Referências	30

Avaliação agronômica, conservação e qualidade pós-colheita de variedades de alho precoces livres de vírus na região do semiárido piauiense

*Joanderson Mendes de Almeida*¹

*Iriani Rodrigues Maldonade*²

*Lenita Lima Haber*³

*Henoque Ribeiro da Silva*⁴

*Francisco Vilela Resende*⁵

Resumo – As variedades de alho precoce, por ter menor exigência em baixas temperaturas para bulbificação, demonstram melhor adaptação em regiões do semiárido nordestino, inclusive em altitudes inferiores a 200 m. Este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho agronômico, conservação e qualidade pós-colheita de bulbos de variedades de alho precoce livres de vírus na região de Picos (PI). O experimento foi conduzido na microrregião de Picos - PI, município de Sussuapara, altitude de 204 m, com temperatura média anual de 27,5°C, sendo os meses de abril a julho os de temperaturas mais amenas. O ensaio de campo foi realizado em delineamento experimental de blocos casualizados (DBC) com quatro repetições. Foram avaliadas 17 variedades de alho comum de ciclo precoce livre de vírus, sendo seis seleções do grupo Branco Mineiro (CSJ, CB, Ijuí, CE, RN e PI), três seleções da variedade Gravatá (Gravatá, Gravatá A, Gravatá II) e duas da variedade Inhumas (A e E), além de Centralina A, Cateto Roxo, Caturra Cardinali, Canela de Ema, Jacobina e Jundiá. Para emergência de plantas, se destacaram as seleções CSJ e CE de Branco Mineiro que se aproximaram de 100% de germinação. As variedades Branco Mineiro PI e Centralina A foram significativamente superiores em relação à altura de plantas e número médio de folhas de plantas, observada aos 80 dias após o plantio. Um grupo de dez variedades apresentou níveis de produtividade e massa média de bulbos significativamente superior ao demais nas condições edafoclimáticas

¹ Engenheiro Agrônomo, Secretaria Municipal de Agricultura e Abastecimento, Picos, PI

² Engenheira de Alimentos, Doutora em Ciência dos Alimentos, pesquisadora da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

³ Bióloga, Doutora em Horticultura, Analista da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

⁴ Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Engenharia de Irrigação, pesquisador da Embrapa, Brasília, DF

⁵ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

do semiárido piauiense com destaque para Centralina A e Branco Mineiro PI, com respectivamente 8,8 e 9,4 t ha⁻¹. Após 150 dias de armazenamento as variedades com menor redução na massa dos bulbos foram Canela de Ema e Branco Mineiro RN com perda de peso inferior 12%. Em relação a qualidade pós-colheita dos bulbos, as variedades Branco Mineiro CE (39,67°Brix) e Inhumas A (38,63°Brix) apresentaram os maiores teores de sólidos solúveis. Assim como Inhumas E, Inhumas A e Branco Mineiro CE se destacaram com maior pungência devido as maiores concentrações de ácido pirúvico nos bulbos. Com base nas características de produtividade e qualidade pós-colheita dos bulbos, as variedades Branco Mineiro PI, Branco Mineiro CB, Centralina A e Inhumas A mostram-se promissoras para o cultivo nas condições edafoclimáticas do semiárido piauiense.

Termos para Indexação: *Allium sativum* L., genotipo, produtividade, armazenamento, pungência.

Agronomic evaluation, postharvest conservation and bulb quality of early garlic virus-free varieties in the semiarid region of Piauí State, Brazil

Abstract - Early cycle garlic varieties are known for requiring slighter amounts of low temperatures for their bulbing phase. They showed better adaptation to regions of the northeastern semiarid even at altitudes below 200 m. Thus, considering this describing the present work aimed the evaluation of virus-free early cycle garlic genotypes for production postharvest conservation and quality in the region of Picos (PI). The work was carried out in the municipality of Sussuapara at an altitude of 204 m, and an annual average temperature of 27.5°C with the months from April to July being the coldest months with the mildest temperature. The field plots were established in a randomized block design (RBD) with four replications. Seventeen common garlic genotypes of early cycle and virus-free were evaluated composed of six selections from the Branco Mineiro group (CSJ, CB, Ijuí, CE, RN and PI), three selections from the Gravatá variety (Gravatá A, Gravatá A, Gravatá II), and two of the Inhumas variety (A and E), as well as Cateto Roxo, Caturra Cardinali, Canela de Ema, Jacobina and Jundiaí. Regarding the plant emergence percentual, the CSJ and CE selections from Branco Mineiro stood out, with 100%. The genotypes Branco Mineiro PI and Centralina A were significantly higher in relation to plant height and mean number of leaves observed at 80 days after planting. A group of ten genotypes showed productivity levels, and average mass of bulbs significantly higher than the others in the edaphoclimatic conditions of the semiarid region of Piauí, with emphasis on Centralina A and Branco Mineiro PI with 8.8 t ha⁻¹ and 9.4 t ha⁻¹, respectively. After 150 days of storage, the genotypes Canela de Ema and Branco Mineiro RN showed the smallest reduction of bulb mass, with less than 12% weight loss. As for the postharvest quality of bulbs, the genotypes Branco Mineiro CE (39.67°Brix) and Inhumas A (38.63°Brix) showed the highest soluble solids contents while Inhumas E and Inhumas A and Branco Mineiro CE stood out with greater pungency due to the higher concentrations of pyruvic acid in the bulbs. Based on the characteristics of yield and postharvest quality of the bulbs, the genotypes Branco Mineiro PI and Branco Mineiro CB, and Centralina

A and Inhumas A presented promising characteristics for cultivation in the edaphoclimatic conditions of the semiarid region of Piauí.

Index Terms: *Allium sativum* L., genotype, production, bulbs storage, pungency.

Introdução

O alho é uma hortaliça condimentar de grande importância econômica e social para o Brasil, sendo cultivado tanto por agricultores empresariais quanto por agricultores familiares. Em razão de usar grande quantidade de mão de obra, uma vez que muitas das operações necessárias ao seu cultivo ainda são manuais, como o plantio e o beneficiamento, a cultura gera, em média, quatro empregos diretos e 12 empregos indiretos por hectare ou mais de 150 mil empregos diretos e indiretos em toda a acedia de produção (Anapa, 2019). Além do uso condimentar, o alho é consumido por seu alto valor medicinal, nutricional e atividade biológica. Como exemplos, podemos mencionar o seu efeito na redução de gorduras no sangue, antibiótico e anti-inflamatório, sendo relatado seu uso com sucesso na prevenção de doenças cardiovasculares (Atkin et al., 2016; Reiter et al., 2017; Morihara et al., 2017).

O Piauí, até a década de 1990, esteve entre os maiores produtores de alho da região Nordeste, com destaque para microrregião de Picos, no Sudeste do Estado. A cultura do alho nesta região entrou em declínio devido à baixa qualidade genética e fitossanitária do alho semente, sistema de produção rudimentar em leitos de rios e importações de outras regiões devido à baixa aceitação comercial do produto regional (Santos et al., 2017). No ano de 2011 foram feitos os últimos registros de produção de alho no Piauí pelo IBGE. Foram cerca de 45 toneladas produzidas em 10 hectares nos municípios de Bocaina, Santo Antônio de Lisboa e Sussuapara (IBGE, 2021).

Para microrregião de Picos, assim com o em todo semiárido nordestino, têm sido recomendadas variedades de alho precoces com ciclo de até 120 dias, sendo que muitas ultrapassam a média de 20 bulbilhos/bulbo. Os bulbos e bulbilhos são revestidos por película de coloração branca-opaca. As variedades deste grupo praticamente deixaram de ser plantadas na região centro sul do Brasil, mas ainda são importantes no atendimento de mercados regionais ou locais no Nordeste. Com menor exigência em baixas temperaturas para bulbificação (formam bulbos em temperaturas ao redor de 20°C) adaptam-se muito bem em regiões do semiárido nordestino, inclusive em altitudes inferiores a 200 m (Resende et al., 2017).

A busca de variantes agromorfológicas por meio de seleção clonal dentro dos grupos de variedades é uma ferramenta importante para a escolha de variedades adaptadas ao semiárido. Nessa linha de pesquisa, estudos vêm apontando que a divergência genética existente entre as variedades de alho cultivadas no Piauí e as de outras regiões indica a possibilidade de seleção de genótipos superiores que podem aumentar a competitividade do alho piauiense frente ao alho importado (Viana et al., 2016).

Existe grande diversidade fenotípica/genotípica de alho que apresenta variações morfológicas em resposta às interações com os fatores edafoclimáticos, como solo, temperatura, fotoperíodo, umidade, entre outros (Cunha et al. 2014). A realização de estudos de avaliação agrônômica de variedades em cada região é fundamental para que variedades mais adaptadas possam ser posicionadas visando promover os resultados sociais e econômicos esperados pelos agricultores e seus familiares (Biesdorf et al., 2015). Desta forma, tem-se buscado para a região do semiárido nordestino, genótipos e variedades superiores e adaptados a estas condições agroclimáticas peculiares pouco favoráveis para esta cultura de clima temperado (Veloso et. al., 1999; Honorato et al., 2013; Albuquerque et al., 2017).

O aumento da eficiência agrônômica das variedades de alho tem sido possível por meio da limpeza clonal, visando principalmente eliminação de viroses. A obtenção de plantas livres de vírus tem sido possível através do cultivo *in vitro* de ápices caulinares precedido por termoterapia (Torres et al., 2000; Menezes Júnior, 2011). A presença de um complexo viral formado pelos gêneros *Allexivirus*, *Carlavirus* e *Potyvirus* (Fajardo et al., 2001; Fayad-André et. al., 2011; Mituti et al., 2011) causa redução drástica no vigor vegetativo e produtividade da cultura ao longo do tempo (Melo-Filho et al., 2006), levando à degenerescência das cultivares. A adoção desta tecnologia em plantios comerciais tem permitido expressivos aumentos na produtividade e na qualidade dos bulbos do alho produzido no Brasil (Melo et al., 2011).

O processo de seleção e adaptabilidade de variedades de alho para regiões específicas exige o conhecimento das condições de conservação e qualidade condimentar dos bulbos, de acordo com o manejo pós-colheita (Lucena et al. 2016). Além disso, as exigências do mercado são um dos fatores mais importantes a serem considerados pelos produtores. Pela possibilidade de

armazenamento prolongado, a comercialização do alho em geral é realizada por escalonamento, o que permite ao produtor atender às demandas do mercado e o controle de preço (Oliveira et al., 2004). Em relação à qualidade condimentar, as características principais para aceitação do consumidor e com valor comercial são: químicas, físico-químicas, fitossanitárias, tamanho e aparência dos bulbos (Luengo et al., 1999; Munshi et al., 2018).

Com crescimento e maturação, ocorre a elevação dos teores de sólidos solúveis, alteração na acidez e textura que em conjunto servem como referência para escolha do ponto de colheita. Essas variáveis estão diretamente relacionadas a qualidade de bulbos de alho e, geralmente, são usadas como controle de qualidade nas indústrias. Os principais fatores que podem ser avaliados na pós-colheita para acompanhar as alterações físico-químicas no alho são: sólidos solúveis totais, acidez, matéria seca, teores de açúcares e pungência (Chitarra; Chitarra, 2005).

Essas características variam e dependem de fatores como: variedades, tratos culturais, fatores ambientais, estado nutricional e fitossanitário da cultura, promovendo uma grande variabilidade fenotípica entre os diferentes grupos/variedades de alho. Essas variabilidades como peso, tamanho e cor de bulbos e bulbilhos, assim como no teor de açúcares totais (Saif et al., 2020), são mais expressivos do que os fatores genotípicos da espécie (Sandhu et al., 2015).

Desta forma, considerando a importância dos fatores listados acima no processo de seleção e recomendação de variedades para determinada região, este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho agronômico, conservação e qualidade pós-colheita de bulbos de variedades de alho precoce do banco de germoplasma da Embrapa Hortaliças, que passaram por processos de seleção e limpeza clonal, para o plantio na região de Picos (PI).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na microrregião de Picos-PI, município de Sussuapara (Coordenadas Geográficas: 7°2'13,03; 41° 22' 46,44"; 204 m de altitude). O clima da região segundo a classificação de Koeppen, é

do tipo Bsh, quente e semiárido, apresentando estação seca no inverno e chuvas concentradas no verão, com precipitação média anual de 812,4 mm. A temperatura média anual é de 27,5 °C, sendo os meses de abril a julho os de temperaturas mais amenas, com média de 26 °C (Alvares et al., 2013). Na Figura 1, podemos observar a variação das temperaturas máximas e mínimas registradas na área experimental, obtidas pelos de sensores de coleta de dados (Datalogger).

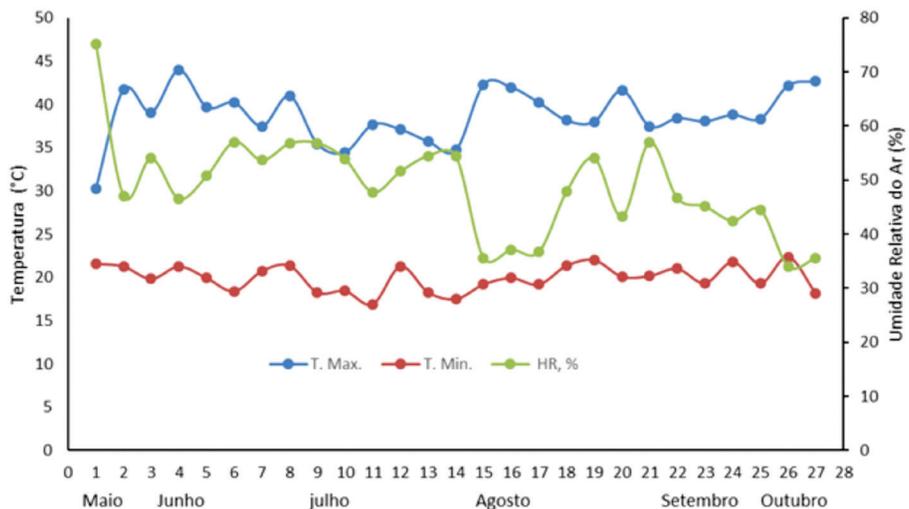


Figura 1. Temperaturas máximas, mínimas e umidade relativa do ar registradas durante o período de condução do experimento de campo na região de Picos/PI, 2019.

O preparo do solo foi efetuado com uma aração e uma gradagem, seguido do levantamento canteiros com 1,0 m de largura por 0,25 m de altura, utilizando um rotoencanteirador. O plantio foi realizado em sulcos no espaçamento de 0,20 m entre linhas por 0,10 m entre plantas. As parcelas foram estabelecidas com área de 1.60 m², totalizando 80 plantas, sendo que toda a parcela foi considerada como área útil para realização das avaliações previstas.

O experimento de campo foi realizado no período 07/05/2019 a 30/09/2019 em delineamento de blocos casualizados (DBC) com quatro repetições.

Foram avaliadas 17 variedades de alho comum de ciclo precoce livre de vírus, sendo seis seleções do grupo Branco Mineiro (CSJ, CB, Ijuí, CE, RN e PI), três seleções da variedade Gravatá (Gravatá A, Gravatá A, Gravatá II) e duas da variedade Inhumas (A e E), além de Centralina A, Cateto Roxo, Caturra Cardinali, Canela de Ema, Jacobina e Jundiaí. Na Figura 2, podemos ver detalhes da área experimental e das avaliações de desenvolvimento vegetativo das variedades testadas.

Os clones de alho livres de vírus destas variedades foram obtidos no laboratório de Biologia Celular da Embrapa Hortaliças por meio da técnica de cultivo *in vitro* de ápices caulinares (Torres et al., 2000). O teste sorológico Dot-Elisa (Hammond; Jordan, 1990) foi utilizado para comprovar a ausência do complexo viral (gêneros *Allexivirus*, *Carlavirus* e *Potyvirus*) nas variedades testadas.

O solo da região de Picos é classificado como Latossolo Amarelo Eutrófico (Santos et al., 2018) de textura franco argilo siltoso. A análise química do solo da área experimental apresentou as seguintes características: 6,0 de pH em água; 4,1 g dm⁻³ de matéria orgânica; 1,7 mg dm⁻³ de P; 94 mg dm⁻³ de K; 2,1 cmol_c dm⁻³ de Ca; 0,5 cmol_c dm⁻³ de Mg; 0,0 cmol_c dm⁻³ de Al; 1,6 cmol_c dm⁻³ de H+Al; e 0,03 mg dm⁻³ de B; 0,3 mg dm⁻³ de Cu; 1,1 mg dm⁻³ de Zn e 3,7 mg dm⁻³ de S.

As adubações e calagem foram realizadas com base na análise química do solo, respectivamente, seguindo as recomendações propostas para a cultura do alho na região. A adubação de plantio foi feita com 30 t ha⁻¹ de esterco de caprinos e 3.000 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado NPK 6-24-12, totalizando 180 kg ha⁻¹ de N, 720 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 360 kg ha⁻¹ de K₂O. As adubações de cobertura foram parceladas em duas aplicações (45 e 70 dias após o plantio) com um total de 80 kg ha⁻¹ de N e 80 kg ha⁻¹ de K₂O, sendo utilizados NPK 20-00-20 como fonte para estes nutrientes.

O controle de plantas invasoras foi feito com o herbicida Pendimetalina em pré-emergência do alho e das plantas invasoras, na dosagem de 4,0 litros do produto comercial por hectare. Em seguida foi colocada uma camada de 3 cm de cobertura morta de palha de carnaúba, complementando com capinas manuais quando necessário. O controle fitossanitário foi realizado utilizando os fungicidas mancozeb e iprodiona para controle de *alternaria*

porri e deltamethrin para *Trips tabaci*. O sistema de irrigação utilizado foi por microaspersão, com emissores espaçados de 3,0 m x 3,0 m, com vazão de 120 litros por hora e raio de alcance de 7,2 m. Em média foi aplicada uma lâmina de água de 840 mm ao longo do ciclo da cultura. O manejo da irrigação foi realizado de acordo com a necessidade e o estágio da cultura por meio do cálculo diário da evapotranspiração da cultura usando os dados climáticos da série histórica seguindo as recomendações de cálculo do turno de rega simplificado preconizadas por Marouelli et al. (2014).

O percentual de emergência (%) das variedades foi avaliado através da contagem de plantas até os 30 dias após o plantio (DAP). Aos 80 DAP foi avaliado, em uma amostra de 10 plantas por parcela, a altura de plantas (cm): do nível do solo até a extremidade da folha mais comprida, o número médio folhas vivas por planta; e a razão bulbar proposta por Mann (1952) que expressa o grau de desenvolvimento do bulbo, através da relação diâmetro do pseudocaule na altura do colo/diâmetro da parte mediana do bulbo.

Fotos: Francisco Vilela Resende/Fernando de Oliveira Pinho



Figura 2. Detalhes da área experimental e das avaliações de características de desenvolvimento vegetativo de variedades precoces de alho livres de vírus na região de Picos/PI.

A colheita foi efetuada após a maturidade dos bulbos variando entre 130 e 140 dias após o plantio dependendo da variedade. O processo de cura dos bulbos foi realizado a sombra em um galpão aberto e ventilado por 30 dias. Após a cura, os bulbos foram separados das raízes e folhas com auxílio de uma tesoura de poda. Os bulbos foram classificados pelo diâmetro transversal em classes de tamanho, adaptado de Brasil (1992): Classe 6 ($\varnothing > 60$ mm); Classe 5 (\varnothing entre 53 - 60 mm); Classe 4 (\varnothing entre 42 - 53 mm); Classe 3 (\varnothing entre 38 - 42 mm); Classe 2 ($\varnothing < 38$ mm) e pelo somatório do peso de cada classe foi estimada a produtividade total de bulbos ($t\ ha^{-1}$) e o peso médio de bulbo (g). Foi estimado também o número médio de bulbilhos por bulbo a partir da debulha de uma amostra de 10 bulbos.

Após as avaliações de rendimento e classificação, os bulbos foram utilizados para implantação do experimento de armazenamento em condições de ambiente na sede da Associação Piauiense de produtores de Alho (APPA) no período de novembro/2019 a abril/2020 em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições. As parcelas foram formadas por bandejas de isopor contendo uma amostra de 10 bulbos selecionados aleatoriamente em cada repetição proveniente do experimento de campo (Figura 3). A massa dos bulbos durante o armazenamento foi monitorada por meio de pesagens periódicas aos 30, 60, 90, 120, 150 dias para obtenção da curva de resposta de perda de massa no armazenamento. A porcentagem de perda de massa dos bulbos foi estimada pela diferença de peso entre início (0 dias) e o fim (150 dias) do período de armazenamento.

Foto: Francisco Vilela Resende



Foto: Fernando de Oliveira Pinho

Figura 3. Experimento de avaliação de características comerciais e conservação pós-colheita de variedades precoces de alho livres de vírus na região de Picos/PI.

Amostras de bulbos de oito variedades ((Centralina A, Branco Mineiro PI, Branco Mineiro CE, Branco Mineiro CB, Inhumas A, Inhumas E, Jacobina, Jundiá) dentre as de melhor desempenho agrônômico no experimento de campo foram enviadas ao Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Embrapa Hortaliças no início (30 dias) do período de armazenamento para as realizações de análises químicas e físico-químicas de sólidos solúveis (SS), acidez titulável total, matéria seca (MS) e ácido pirúvico (pungência).

A determinação de sólidos solúveis (SS) foi feita por refratometria. Os bulbilhos de alho foram amassados e filtrados, cujo exsudado das amostras foram colocados no refratômetro digital (PAL-1, Atago), previamente calibrado com água destilada, onde os resultados foram expressos em °Brix. O teor de matéria seca foi determinado através da diferença de peso entre as amostras antes e após a secagem em estufa a 60 °C até peso constante (Association of Official Analytical Chemists, 2005). Para determinação da acidez titulável total, foram trituradas 10 gramas de matéria fresca com 25 mL de água destilada em liquidificador por 3 minutos. Em seguida, a amostra foi titulada com NaOH 0,5 N até pH 8,2, cujos resultados foram expressos (%) em relação ao ácido pirúvico (Association of Official Analytical Chemists, 2005).

A determinação da pungência foi estimada por espectrofotometria, usando o reagente 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH), segundo Anthon e Barret (2003). Os bulbilhos de alho foram triturados (10 g) com 10 mL de água destilada e filtrados em papel de filtro. Em tubos de ensaio, foram adicionados 0,5 mL do extrato filtrado, 1,5 mL de ácido tricloroacético 5 % (v/v) e agitados. Após 1 hora de repouso, foram adicionados 18 mL de água destilada com agitação em vortex. Em seguida, foi transferido 1 mL dessa solução para tubos de ensaio, onde foram adicionados 1 mL de 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH), 1 mL de água destilada, agitados em vortex, e mantidos a 37 °C em banho-maria por 10 minutos. Após resfriamento em banho de gelo, foram adicionados 5 mL de NaOH (0,6 N) e mantidos em repouso por 5 min em temperatura ambiente. As leituras das absorbâncias das amostras foram feitas em espectrofotômetro (Agilent, Brasil) a 420 nm. Foi utilizado o piruvato de sódio como padrão através de uma curva de calibração.

Os dados foram submetidos à análise de variância com um nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste F, sendo as médias de tratamentos comparadas pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade

(Borges; Ferreira, 2003), através do software SpeedStat® (Carvalho et al., 2020), e os dados de perda de massa no armazenamento foram submetidas à análise de regressão.

Resultados e Discussão

Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,001$) entre as variedades avaliadas para todas as características relacionadas ao desenvolvimento vegetativo das plantas e produção de bulbos (Tabela 1). Os coeficientes de variação neste trabalho foram considerados baixos para todas as variáveis, com exceção do número de bulbilhos por bulbo. A classificação de Gomes (2009) considera os coeficientes de variação como baixos quando inferiores a 10%, médios entre 10 e 20%, altos entre 20 e 30%. Entretanto, segundo Oliveira et al. (2009), para avaliar a precisão de experimentos, deve-se utilizar faixas de variação de valores de coeficientes de variação específica para cada variável resposta.

Tabela 1. Resumo das análises de variância (ANOVA) e coeficientes de variação para características de desenvolvimento vegetativo, produção e conservação dos bulbos no armazenamento de variedades de alho comum livres de vírus de ciclo precoce e médio na região de Picos/PI.

ANOVA	QM	F-valor	p-valor	CV (%)
Emergência de Plantas (%)	0,119	10,09	<0,001	9,25
Altura de plantas (cm)	153,90	19,12	<0,001	5,35
Número de folhas/planta	3,82	14,93	<0,001	9,25
Razão Bulbar	0,012	16,01	<0,001	6,55
Produtividade (t ha ⁻¹)	7,03	5,28	<0,001	16,59
Peso Médio Bulbo (g)	50,00	5,28	<0,001	16,59
Número Bulbilhos/Bulbo	86,31	10,35	<0,001	23,86
Perda de massa bulbo (%)	50,31	2,80	0,003	26,54

Para emergência de plantas, as variedades foram estratificadas em três grupos, sendo que no grupo com maior índice de emergência destacaram as seleções CSJ e CE de Branco Mineiro com quase 100% de germinação (Tabela 2). Os maiores valores de emergência destas variedades indicam que possuem maior vigor e desenvolvimento da gema de brotação que tem

relação direta com o IVD (Índice de superação de dormência). Os bulbilhos, que apresentam o IVD alto no momento do plantio, têm maior capacidade e velocidade de emergência se comparados àqueles com o IVD baixo (Ribeiro, 2019).

Um grupo de sete variedades com altura de plantas variando entre 57 a 60 cm, aos 80 dias após o plantio, diferenciou-se dos demais com destaque para as variedades Branco Mineiro PI, Centralina A, Inhumas E e Jacobina por apresentarem plantas mais altas, com altura superior a 59 cm. Em relação ao número de folhas por planta apenas as variedades Branco Mineiro PI e Centralina A diferiram significativamente dos demais genótipos estudados (Tabela 2). O número de folhas em alho é uma característica bastante intrínseca e variável em função do ciclo de cada variedade (Pereira, 2000). Desta forma, sob condições homogêneas de cultivo, aquelas variedades com maior número folhas por planta indica maior adaptabilidade ao local de plantio.

A altura da planta e principalmente o número de folhas são indicadores consistentes da capacidade adaptativa das variedades a uma determinada condição edafoclimática, que neste caso mostrou-se bastante variável para temperatura e umidade relativa (Figura 1). A maior adaptação de variedades de alho precoce, especialmente do grupo Branco Mineiro, ao semiárido nordestino tem sido comprovado também pelo desenvolvimento vegetativo superior destas variedades (Veloso, et al., 1999; Honorato et al., 2013; Soares et al., 2015).

Foi observado que aos 80 dias após o plantio apenas as variedades Jundiá e Caturra Cardinalli apresentaram razão bulbar superior 0,5. Este valor é um indicativo que essas variedades não haviam iniciado o processo de bulbificação, ou seja, são variedades de ciclo mais tardio (Tabela 2). A razão bulbar é utilizada para expressar o grau de desenvolvimento do bulbo, sendo que uma relação bulbar inferior a 0,5 mostra formação do bulbo está em curso, enquanto o amadurecimento do bulbo e termino do processo de bulbificação, ocorre quando esta relação diminui de 0,2 (Souza et al., 2011; Lopes, 2014). As variedades Centralina A e Jacobina apresentaram numericamente os menores índices de razão bulbar, sendo um indicio de maior precocidade em relação aos demais materiais avaliados.

Tabela 2. Valores médios e erro padrão das médias para emergência de plântulas e altura de plantas, número de folhas e razão bulbar aos 80 dias após o plantio de variedades de alho livres de vírus de ciclo precoce na região de Picos/PI, 2019.

Variedades	Emergência de plantas (%)	Altura da planta (cm)	Número folhas por planta	Razão Bulbar
Branco Mineiro PI	77,50 ^b ± 0,09	60,18 ^a ± 2,03	10,43 ^a ± 0,28	0,40 ^b ± 0,01
Jacobina	94,69 ^a ± 0,04	59,78 ^a ± 1,88	9,35 ^b ± 0,23	0,37 ^b ± 0,01
Centralina A	92,50 ^a ± 0,05	59,28 ^a ± 2,15	10,15 ^a ± 0,17	0,38 ^b ± 0,01
Branco Mineiro CE	97,19 ^a ± 0,01	57,90 ^a ± 2,81	9,15 ^b ± 0,53	0,42 ^b ± 0,00
Inhumas E	77,81 ^b ± 0,09	59,68 ^a ± 0,44	8,78 ^b ± 0,08	0,41 ^b ± 0,01
Branco Mineiro CB	62,19 ^c ± 0,08	57,88 ^a ± 1,50	9,35 ^b ± 0,30	0,40 ^b ± 0,01
Inhumas A	95,31 ^a ± 0,07	57,95 ^a ± 0,98	9,15 ^b ± 0,12	0,42 ^b ± 0,01
Branco Mineiro CSJ	99,27 ^a ± 0,03	55,38 ^b ± 1,50	9,45 ^b ± 0,21	0,40 ^b ± 0,01
Branco Mineiro RN	73,44 ^b ± 0,05	55,13 ^b ± 1,62	8,83 ^b ± 0,23	0,41 ^b ± 0,01
Branco Mineiro Ijuí	75,63 ^b ± 0,04	54,85 ^b ± 1,87	8,65 ^b ± 0,41	0,42 ^b ± 0,02
Jundiaí	80,94 ^b ± 0,06	53,70 ^b ± 2,37	8,15 ^c ± 0,37	0,56 ^a ± 0,03
Caturra Cardinali	89,06 ^a ± 0,04	50,85 ^c ± 2,00	7,63 ^d ± 0,23	0,52 ^a ± 0,03
Canela de Ema	66,88 ^c ± 0,03	48,03 ^c ± 1,72	7,90 ^c ± 0,15	0,43 ^b ± 0,01
Gravata A	85,31 ^b ± 0,04	47,20 ^c ± 1,63	8,20 ^c ± 0,45	0,41 ^b ± 0,01
Gravata	67,19 ^c ± 0,08	46,68 ^c ± 1,39	7,43 ^d ± 0,13	0,43 ^b ± 0,02
Gravata II	89,69 ^a ± 0,04	45,73 ^c ± 0,25	8,13 ^c ± 0,10	0,43 ^b ± 0,02
Cateto Roxo	75,00 ^b ± 0,01	43,00 ^c ± 1,46	7,53 ^d ± 0,33	0,44 ^b ± 0,02

Médias seguidas por uma mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade de erro.

O grupo de variedades que apresentou produtividades superiores, variou de 7,4 a 9,4 t ha⁻¹, incluiu cinco seleções de Branco Mineiro, além das variedades Centralina A, Inhumas A e Inhumas E, Jacobina e Jundiaí (Tabela 3). As variedades Branco Mineiro PI e Centralina A atingiriam numericamente as maiores produtividades, 8,79 e 9,40 t ha⁻¹ respectivamente, confirmando a elevada adaptação do Branco Mineiro PI ao seu local de origem. É importante destacar o potencial produtivo destas variedades em condições climáticas adversas para o cultivo do alho, onde as temperaturas máximas variaram

entre 30 a 42°C, enquanto as mínimas registradas ficaram em torno de 17,5°C a 22°C (Figura 1). Por outro lado, a umidade relativa do ar entre 35 e 60% mostrou-se desfavorável para ocorrência de doenças foliares que causam sérios prejuízos na cultura do alho.

O uso de variedades submetidas a limpeza viral e seleção clonal neste estudo resultou em produtividades e massa média de bulbos superiores a outros experimentos de avaliação de variedades deste grupo, que não passaram por esses processos, realizados em outras regiões do semiárido nordestino (Veloso et al., 1999; Honorato et al., 2013; Soares et al., 2015; Albuquerque et al., 2017).

Tabela 3. Valores médios e erro padrão das médias para produtividade, massa média de bulbos e número de bulbilhos por bulbo e perda de massa pelo bulbo no armazenamento de variedades de alho comum livres de vírus de ciclo precoce na região de Picos/PI, 2019.

Variedades	Produtividade (t ha ⁻¹)	Massa média bulbo (g)	Número Bulbilho/Bulbo	Perda de massa bulbo (%)
Centralina A	9,40 ^a ± 0,51	25,07 ^a ± 1,36	19,20 ^a ± 1,99	15,12 ^b ± 1,55
Branco Mineiro PI	8,79 ^a ± 1,11	23,45 ^a ± 2,95	14,80 ^b ± 0,53	20,42 ^a ± 3,72
Branco Mineiro CE	8,04 ^a ± 0,82	21,43 ^a ± 2,19	16,30 ^a ± 1,53	16,65 ^b ± 2,96
Inhumas A	7,63 ^a ± 0,33	20,35 ^a ± 0,87	15,00 ^b ± 2,25	23,78 ^a ± 2,24
Branco Mineiro CB	7,63 ^a ± 1,01	20,35 ^a ± 2,70	18,50 ^a ± 2,27	21,01 ^a ± 2,52
Inhumas E	7,60 ^a ± 0,32	20,27 ^a ± 0,87	13,40 ^b ± 0,76	17,93 ^a ± 2,05
Jacobina	7,53 ^a ± 0,24	20,08 ^a ± 0,63	15,10 ^b ± 0,95	13,69 ^b ± 1,60
Branco Mineiro CSJ	7,48 ^a ± 0,67	19,94 ^a ± 1,79	14,20 ^b ± 0,57	13,61 ^b ± 1,51
Jundiaí	7,41 ^a ± 0,89	19,77 ^a ± 2,38	6,35 ^c ± 0,83	12,54 ^b ± 1,27
Branco Mineiro RN	7,40 ^a ± 0,34	19,74 ^a ± 0,90	10,85 ^b ± 1,63	11,78 ^b ± 1,30
Branco Mineiro Ijuí	6,49 ^b ± 0,48	17,32 ^b ± 1,27	14,90 ^b ± 1,81	15,78 ^b ± 1,40
Gravata A	6,13 ^b ± 0,62	16,33 ^b ± 1,66	12,10 ^b ± 2,34	19,04 ^a ± 2,54
Canela de Ema	5,98 ^b ± 0,31	15,94 ^b ± 0,84	8,15 ^c ± 0,90	11,85 ^b ± 0,84
Gravata II	5,72 ^b ± 0,55	15,25 ^b ± 1,47	11,20 ^b ± 2,07	12,45 ^b ± 2,60
Cateto Roxo	5,58 ^b ± 0,73	14,88 ^b ± 1,94	6,35 ^c ± 0,83	14,74 ^b ± 1,98
Caturra Cardinali	4,83 ^b ± 0,23	12,89 ^b ± 0,60	3,40 ^c ± 0,39	--
Gravata	4,62 ^b ± 0,15	12,32 ^b ± 0,39	5,95 ^c ± 0,92	13,44 ^b ± 1,61

Médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade de erro.

Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para o número médio de bulbilho/bulbo, sendo possível distinguir três grupos de variedades em relação intensidade de diferenciação que denotam a capacidade adaptativa de cada material. No primeiro grupo encontram-se as variedades Centralina A, Branco Mineiro CE, Branco Mineiro CB com média de 18 bulbilhos por bulbo, um indicativo deste grupo como o melhor adaptado às condições edafoclimáticas da região de Picos. O segundo grupo compreende variedades com média de 13,5 bulbilhos/bulbo que inclui variedades como Branco Mineiro PI, Branco Mineiro RN, Inhumas A, Inhumas E e Jacobina. O terceiro grupo formado pelas variedades como Jundiáí, Canela de Ema, Cateto Roxo, Caturra Cardinali e Gravata registrou média inferior de número de bulbilho/bulbo (6,0 bulbilhos/bulbo), indicando pouca adaptação as condições de cultivo da região. Na região Sudeste, onde estas variedades estão mais adaptadas, foram observados 11, 15 e 16 bulbilhos/bulbo, respetivamente, para as variedades Caturra, Cateto Roxo e Gravatá (Oliveira et al., 2010).



Figura 4. Detalhes de aparência e formato de bulbos e bulbilhos e número de bulbilhos por bulbo da variedade Branco Mineiro. Picos/PI, 2019.

Apesar de ser um indicador de adaptação da variedade, um número elevado de bulbilhos por bulbo (Santos, 2020), pode resultar no aparecimento de bulbilhos pequenos, também chamados “palitos” que reduz o valor comercial da produção (Resende et al., 2003). Ainda assim, o primeiro e segundo grupo de acordo com o ranqueamento, apresentou médias de 18 e 13 bulbilhos/

bulbo possivelmente terão maior aceitação pelos consumidores e também pelos agricultores em função de uma boa taxa de multiplicação.

As variedades Branco Mineiro CB (26,12%), Inhumas E (16,09%) e Branco Mineiro PI (10,9%) apresentaram as maiores proporções de bulbos com diâmetro superior a 53 mm, sendo a variedade Branco Mineiro CB a única com produção de bulbos na classe de diâmetro superior a 60 mm, que concentrou 7,6% dos bulbos produzidos (Tabela 4). A classificação dos bulbos em classes de tamanho é um fator tão preponderante de lucratividade do alho quanto o alcance de elevadas produtividades, uma vez que quanto maior o diâmetro de bulbos produzidos maior é o valor comercial da produção (Nassur et al., 2020).

Tabela 4. Distribuição (em %) da produção de bulbos em classes de tamanho de acordo com o diâmetro transversal de variedades de alho de ciclo precoce livres de vírus na região de Picos/PI, 2019.

Variedades	Classe 6 (> 60 mm)	Classe 5 (53 - 60 mm)	Classe 4 (42 - 53 mm)	Classe 3 (38 - 42 mm)	Classe 2 (< 38 mm)
Centralina A	-	6,22	65,52	18,82	9,43
Branco Mineiro CE	-	9,60	61,78	17,93	10,69
Branco Mineiro CSJ	-	0,73	58,57	25,13	15,56
Branco Mineiro PI	-	10,91	55,68	21,44	11,96
Inhumas A	-	7,25	52,65	19,44	20,66
Jacobina	-	5,72	52,44	22,95	18,88
Jundiáí	-	1,08	50,84	23,71	24,38
Branco Mineiro RN	-	1,87	48,94	27,13	22,06
Inhumas E	-	16,09	46,79	18,32	18,79
Branco Mineiro Ijuí	-	8,15	43,25	23,09	25,50
Branco Mineiro CB	7,57	26,12	41,33	15,21	9,78
Gravatá A	-	1,52	35,17	35,30	28,02
Canela de Ema	-	-	30,68	34,16	35,16
Cateto Roxo	-	-	28,74	32,58	38,68
Gravatá II	-	1,36	22,26	33,48	42,90
Caturra Cardinalli	-	-	9,90	28,68	61,42
Gravatá	-	-	0,62	15,94	83,45

A perda de massa dos bulbos mostrou diferenças significativas entre as variedades após 150 dias de armazenamento e foram separados em dois grupos. No grupo com maior perda de massa no armazenamento, as seleções Branco Mineiro PI, Branco Mineiro CB e Inhumas A apresentaram valores superiores a 20%. Entre aqueles com menor redução tivemos Canela de Ema e Branco Mineiro RN com perda de peso inferior 12%, demonstrando boa capacidade de conservação após 150 dias de armazenamento (Tabela 3). As seleções Branco Mineiro PI, Branco Mineiro CB e Inhumas A estão no grupo das variedades que também apresentaram maior peso individual de bulbo e, portanto, maior acúmulo de água nos bulbos, explicando os valores elevados de perda de peso durante o armazenamento. Tem sido relatado que variedades com maior teor de água nos bulbos tendem a perder mais peso do que aquelas que acumulam menos água nos bulbos durante o cultivo (Oliveira et al., 2004; Nassur et al., 2020).

Durante o armazenamento, ocorrem reações bioquímicas que são influenciadas pelas condições da câmara de armazenamento, que poderão alterar a textura e aroma. O alho pode ser armazenado em condições de ambiente por vários meses, permitindo o escalonamento da comercialização e conservação do alho semente até a próxima época de plantio Vieira (1989). Entretanto, é fundamental que, para a conservação do alho nesta condição, a colheita ocorra quando os bulbos apresentarem ponto de maturidade fisiológico adequado (início da senescência da parte aérea, diferenciação em bulbilhos, e máximo acúmulo de matéria seca) e que os mesmos sejam acondicionados sem fazer o corte de folhas e raízes. Esta prática é determinante para a redução da porcentagem de bulbilhos chochos durante o armazenamento (Oliveira et al., 2004). Por outro lado, o armazenamento em condições climáticas controladas, principalmente do alho semente, já está se tornando realidade entre os produtores de alho, uma vez que a dormência e o crescimento da gema de brotação, assim como todas as atividades metabólicas podem ser controladas em condições de atmosfera com baixa concentração de CO₂, como também sob temperatura (15 a 20 °C) e umidade relativa (60 a 70%) adequadas (Kader, 1986; Chitarra; Chitarra, 2005).

Na Figura 5, podemos observar o comportamento da perda de massa dos bulbos das variedades ao longo do período de armazenamento que se ajustou à uma curva de regressão polinomial de terceiro grau, onde pode ser

visualizado um período mais acentuado de redução da massa dos bulbos nos primeiros 60 dias, seguido de um período de leve estabilidade até 120 dias, acentuando-se novamente até os 150 dias. No início do processo de cura dos bulbos ainda possuem um alto teor de umidade, portanto, a perda de peso é elevada nesta fase (Bessa et al., 2017).

Em uma fase intermediária do armazenamento a perda de umidade é superada pelo consumo reservas em função da respiração dos bulbos. Em função disso, os índices relativos de perda de peso continuam a reduzir gradualmente, porém de forma menos acelerada (Finger; Puiatti, 1994; Oliveira et al., 2004). Já próximo dos 150 dias de armazenamento a perda de peso se acentua, o que pode ser atribuído à quebra de dormência do bulbo. Nesta fase o desenvolvimento intenso da folha de brotação consome as reservas dos bulbos como substrato no processo de respiração celular (Chitarra; Chitarra, 2005).

A colheita dos bulbos antes da maturação completa e a presença de microrganismos patogênicos e pragas que permanecem nos bulbos após a colheita também são fatores que elevam a perda de massa do alho no armazenamento (Oliveira et al., 2003; Carvalho et al., 1991).

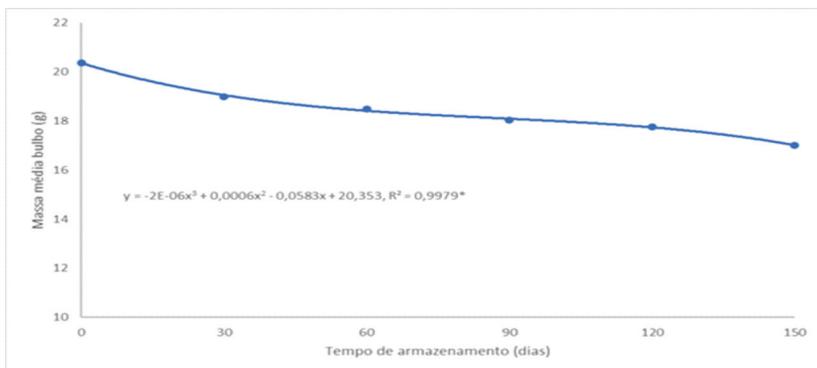


Figura 5. Comportamento de perda da massa dos bulbos de variedades precoces de alho livres de vírus na região de Picos/PI durante um período de armazenamento de 150 dias. Picos/PI, 2019.

Pela análise de variância, todas as características de qualidade pós-colheita do bulbo mostraram diferenças significativas entre as variedades avaliadas,

com destaque para as características de acidez e pungência ($p < 0,001$) que estão diretamente relacionadas aos atributos de aroma e sabor do alho. Os coeficientes de variação para todas as características foram considerados como baixos por serem todos inferiores a 10% (Gomes, 2009), que segundo este autor indica uma boa precisão das análises de pós-colheita realizadas (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo das análises de variância (ANOVA) e coeficientes de variação para características de qualidade pós-colheita de bulbos no início do armazenamento de variedades de alho comum livres de vírus de ciclo precoce e médio na região de Picos/PI.

ANOVA	QM	F-valor	p-valor	CV (%)
Matéria Seca (%)	7,08	3,78	0,013	3,92
Sólidos Solúveis (°Brix)	4,85	6,17	0,001	2,38
Acidez (%)	0,03	24,49	<0,001	7,41
Pungência (% ác. pirúvico)	217,74	25,62	<0,001	7,34

As variedades Branco Mineiro CE (39,67°Brix) e Inhumas A (38,63°Brix) apresentaram teores de sólidos solúveis que diferiram significativamente das demais variedades, seguidos por um segundo grupo com destaque para as variedades Centralina A (37,57°Brix) e Branco Mineiro PI (37,07°Brix) (Tabela 6). Em plantio realizado também no mês de maio na região de Mossoró/RN, obtiveram-se valores médios de sólidos solúveis semelhantes ao deste trabalho (Lopes et al., 2016). Estes autores obtiveram maiores valores de sólidos solúveis nesta época de plantio provavelmente devido às temperaturas mais amenas registradas em relação a outras épocas de plantio.

Os sólidos solúveis são constituídos de açúcares e outros compostos do metabolismo bioquímico como ácidos orgânicos, vitaminas, compostos fenólicos, fibras solúveis (Chitarra; Chitarra, 2005). No caso do alho, o teor de sólidos solúveis é constituído por 60% de açúcares, o que explica o sabor adocicado do alho negro durante o processo de envelhecimento onde a frutose é liberada após hidrólise enzimática (Maldonade; Resende, 2015).

Em termos de matéria seca (Tabela 6), a variedade Jundiáí foi a que apresentou maior média de 37,30 % (62,7% de umidade), enquanto que a Inhumas E com

Tabela 6. Valores médios e erro padrão das médias de Sólidos Solúveis, Matéria Seca, Acidez e Pungência no início com 30 dias de armazenamento de variedades de alho comum livres de vírus de ciclo precoce e médio na região de Picos/PI.

Variedades	Sólidos Solúveis (°Brix)	Matéria Seca (%)	Acidez (% ácido pirúvico)	Pungência ($\mu\text{mol.g}^{-1}$, ácido pirúvico)
Centralina A	37,57 ^b ± 0,39	35,95 ^a ± 3,92	0,49 ^b ± 0,006	30,02 ^d ± 5,95
Branco Mineiro CE	39,67 ^a ± 0,71	36,80 ^a ± 1,26	0,59 ^b ± 0,013	46,65 ^a ± 0,89
Branco Mineiro PI	37,07 ^b ± 0,24	34,37 ^b ± 0,65	0,78 ^a ± 0,047	42,52 ^b ± 1,06
Inhumas A	38,63 ^a ± 0,58	34,53 ^b ± 0,52	0,49 ^b ± 0,006	47,15 ^a ± 0,75
Jacobina	36,30 ^b ± 0,70	33,63 ^b ± 1,59	0,48 ^b ± 0,014	39,79 ^b ± 4,55
Jundiaí	37,03 ^b ± 0,47	37,30 ^a ± 1,09	0,40 ^b ± 0,023	25,84 ^d ± 3,16
Inhumas E	35,70 ^b ± 0,65	32,96 ^b ± 0,79	0,52 ^b ± 0,008	49,61 ^a ± 3,72
Branco Mineiro CB	36,83 ^b ± 0,87	34,33 ^b ± 0,74	0,50 ^b ± 0,002	36,20 ^c ± 3,13

* Médias seguidas por uma mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

menor teor médio 32,96 % (67,04 % de umidade). Esses valores encontram-se na mesma faixa observada tanto para bulbos variedades de alho comum produzidos no Brasil que atingiram um valor máximo de 69,3% de umidade quanto para bulbos comerciais de uma variedade importada da China que atingiu teor de umidade de 66,8% (Prati et al., 2010).

A pungência típica de alho está relacionada à formação de ácido pirúvico, que é uma característica desejável nos bulbos, depende dos fatores de produção e das características genéticas. As variedades Inhumas E, Inhumas A e Branco Mineiro CE se destacaram com teores de 49,61, 47,15 e 46,65 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ de ácido pirúvico aos 30 dias de armazenamento, respectivamente. Por outro lado, a variedade Jundiaí com 25,84 $\mu\text{mol.g}^{-1}$, apresentou um teor de ácido pirúvico bastante inferior às demais. Os valores de ácido pirúvico obtidos neste trabalho são expressivos quando comparados aos obtidos na região Sudeste que somente atingiram valores superiores à 40 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ após 90 dias de armazenamento (Carvalho et al., 1991; Carvalho et al., 1993).

A pungência do alho aumenta com o tempo de armazenamento (Carvalho et al., 1991; Nassur et al., 2020), mas também pode ser influenciada pela época

de plantio, genótipo e região de cultivo (Vargas et al., 2010; Lopes et al., 2016). Na região do semiárido tem sido encontrado valores de ácido pirúvico em bulbos de alho considerados elevados que podem chegar até $99,40 \mu\text{mol mL}^{-1}$ (Lopes et al. 2016; Lucena et al. 2016; Bessa et al. 2017; Lima et al. 2019).

Conforme observado também por Lopes et al. (2016), aparentemente não existe uma relação numérica direta entre o tamanho ou massa dos bulbos com a pungência com pode ser observado nas variedades Centralina A e Branco Mineiro PI que apesar de se destacarem para massa média de bulbos foram significativamente inferiores à Inhumas E e Inhumas A para produção de ácido pirúvico.

Na conservação pós-colheita os principais fatores constituintes do alho, que afetam a sua qualidade, são o teor de sólidos solúveis, umidade da sua composição, acidez e pungência. A acidez é um dos componentes de qualidade mais importantes para o processamento e industrialização do alho; quanto mais elevada a acidez associado ao teor de ácido pirúvico, melhor as características de qualidade dos bulbos para a indústria (Chagas et al., 2003).

Conclusões

Foram identificadas dez variedades com desempenho agronômico superior com destaque para Centralina A e Branco Mineiro PI que apresentaram os maiores valores de produtividade e massa média de bulbos.

As maiores produções de bulbos com diâmetro superior a 53 mm (maior valor comercial) foram alcançadas pelas variedades Branco Mineiro CB, Inhumas E e Branco Mineiro PI.

Após 150 dias de armazenamento as variedades Canela de Ema e Branco Mineiro RN foram os que menos perderam massa de bulbo, enquanto seleções Branco Mineiro PI, Branco Mineiro CB e Inhumas A apresentaram perda de massa superior a 20%, portanto, indicando menor conservação durante o armazenamento.

As variedades Branco Mineiro CE ($39,67^\circ\text{Brix}$) e Inhumas A ($38,63^\circ\text{Brix}$)

apresentaram os maiores teores de sólidos solúveis. Da mesma forma, Inhumas E, Inhumas A e Branco Mineiro CE se destacaram com maior pungência devido as maiores concentrações de ácido pirúvico nos bulbos aos 30 dias de armazenamento.

Baseado nas características produtivas, valoração comercial, conservação, valores de Brix e pungência, os genótipos Centralina A, Branco Mineiro PI, Branco Mineiro CB e Inhumas A se mostraram promissores para o cultivo nas condições edafoclimáticas do semiárido piauiense.

Agradecimentos

Ao agricultor João Francisco da Luz (Sr. João Bernardes) da Comunidade Baixa dos Mouras em Sussuapara/PI por ceder a área para condução do experimento de campo. Ao Serviço de Apoio às Micros e Pequenas Empresas do Piauí (Sebrae/PI) pelo apoio logístico e financeiro. À Associação Piauiense dos Produtores de Alho (APPA) através do seu presidente José Airton Carvalho Dantas por prover a mão de obra e acompanhamento técnico necessários para realização deste trabalho.

Referências

ANAPA. Nota à imprensa referente à tarifa antidumping incidente sobre o alho da China. 2019. Disponível em: <https://anapa.com.br/nota-a-imprensa/>. Acesso em 20 jul. 2021.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 18. ed. Atual. Gaithersburg, MD: AOAC International, 2005. v.1.

ALBUQUERQUE, J. R. A.; MONTEIRO, H. N.B.; BEZERRA, A. A. C.; MATOS FILHO, C. H. A.; LOPES, A. C. A.; GOMES, R. L. F. Agromorphological performance of garlic landraces in Piauí, Brazil. **Ciência Rural**, v. 47: 06, e20160017, 2017.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANTHON, G. E.; BARRETT, D. M. Modified method for the determination of pyruvic acid with dinitrophenylhydrazine in the assessment of onion pungency. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 83, n. 12, p. 1210-1213, 2003.

ATKIN, M.; LAIGHT, D.; CUMMINGS, M. H. The effects of garlic extract upon endothelial function, vascular inflammation, oxidative stress and insulin resistance in adults with type 2 diabetes at high cardiovascular risk. A pilot double blind randomized placebo-controlled trial. **Journal of Diabetes and its Complications**, v. 30, n. 4, p. 723-727, May/June 2016. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2016.01.003>.

BESSA, A. T. M.; LOPES, W. A. R.; SILVA, O. M. P.; LIMA, M. F. P.; OLIVEIRA, P. R. H.; SOUZA, H. C.; AGUIAR, A. F.; NEGREIROS, M. Z. Caracterização físico-química de alho 'BRS Hozan' e 'Roxo Pérola de Caçador' em função do tempo de armazenamento. **Revista Colombiana de Ciências Horticolas**, v. 11, n. 2, p. 368-377, jul./dic. 2017. DOI: 10.1016/j.jdiacomp.2016.01.003.

BIESDORF, E. M.; SILVA, J. S.; BIESDORF, E. M.; OLIVEIRA, O. J.; DEL CONTE, M. V. Desempenho agronômico de variedades de alho vernalizado e não vernalizado na região Sudeste de Mato Grosso. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, n. 3, p. 44-48, jul./set. 2015. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/281/713>. Acesso em: 10 jan. 2022.

BORGES, L. C.; FERREIRA, D. F. Power and type I error rates of Scott-Knott, Tukey and Student-Newman-Keuls' tests under residual normal and non-normal distributions. **Revista Matemática e Estatística**, v. 21, n. 2, p. 67-83, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria nº 242, de 17 de setembro de 1992. Institui Norma de Identidade, Qualidade, Acondicionamento, Embalagem e Apresentação do Alho. **Sistema Integrado de Legislação**. Brasília, DF. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1429352813>. Acesso em: 10 jan, 2022.

CARVALHO, A. M. X.; MENDES, F. Q.; MENDES, F. Q.; TAVARES, L. F. SPEED Stat: a free, intuitive, and minimalist spreadsheet program for statistical analyses of experiments. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, n. 3, e327420312, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332020v20n3s46>.

CARVALHO, V. D.; SOUZA, S. M. C.; ABREU, C. M. P.; CHAGAS, S. J. R. Tempo de armazenamento na qualidade do alho, Cv Amarante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 10, p. 1679-1684, out. 1991. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/AI-SEDE/21279/1/pab12_out_91.pdf. Acesso em: 10 jan. 2022.

CARVALHO, V. D.; SOUZA, S. M. C.; BOTREL, N. Efeito da embalagem e tratamentos pós-colheita na conservação e qualidade do alho, Cv. Gigante de Lavínia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 9, p. 987-992, 1993.

CHAGAS, S. J. R.; RESENDE, G. M.; PEREIRA, L. V. Características qualitativas de cultivares de alho no Sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, p. 1584-1588, dez. 2003. Edição especial. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162450/1/Milanez.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. C. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 785 p.

CUNHA, C. P.; RESENDE, F. V.; ZUCCHI M. I.; PINHEIRO J. B. SSR-based genetic diversity and structure of garlic accessions from Brazil. **Genetica**, v. 142, n. 5, p. 419-431, 2014. DOI: 10.1007/s10709-014-9786-1

FAJARDO, T. V. M.; NISHIJIMA, M.; BUSO, J. A.; TORRES, A. C.; ÁVILA, A. C.; RESENDE, R. O. Garlic viral complex: identification of Potyviruses and Carlavirus in central Brazil.

Fitopatologia Brasileira, v. 26, n. 3, p. 619-626, set. 2001.

FAYAD-ANDRÉ, M. S.; DUSI, A. N.; RESENDE, R. O. Spread of viruses in garlic fields cultivated under different agricultural production systems in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n. 6, p. 341-349, 2011.

FINGER, F. L.; PUIATTI, M. Efeito da época da toaleta sobre a cura e o armazenamento de bulbos de alho. **Horticultura Brasileira**, v. 12, n. 2, p. 166-168, 1994.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Nobel, 2009. 467 p.

HAMMOND, J.; JORDAN, R. L. Dot blots (viruses) and colony screening. In: HAMPTON, R.; BALL, E.; DE BOER, S. (Ed.). **Serological methods for detection and identification of viral and bacterial plant pathogens: a laboratory manual**. Saint Paul: APS, 1990. p. 237-248.

HONORATO, A. R. F.; NEGREIROS, M. Z.; RESENDE, F. V.; LOPES, W. A. R.; SOARES, A. M. Avaliação de cultivares de alho na região de Mossoró. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 3, p. 80-88, 2013. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/155161/1/2013-Artigo-Revista-Caatinga-Ariana.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.

IBGE. **Tabela 5457**: área plantada ou destinada a colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor de produção das lavouras temporárias e permanentes. 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 21 jul. 2021.

LOPES, W. A. R. **Produção e qualidade de alho nobre submetido a diferentes períodos de vernalização e épocas de plantio em Baraúna, RN**. 2014. 112 f. Tese (Doutorado em Fitotecnica) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN.

LOPES, W. A. R.; NEGREIROS, M. Z.; MORAIS, P. L. D.; SOARES, A. M.; LUCENA, R. R. M.; SILVA, O. M. P.; GRANGEIRO, L. C. Caracterização físico-química de bulbos de alho submetido a períodos de vernalização e épocas de plantio. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 231-238, abr./jan. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620160000200013>.

LIMA, M. F. P. de; LOPES, W. D. A. R.; NEGREIROS, M. Z. de; GRANGEIRO, L. C.; SOUSA, H. C. de; SILVA, O. M. D. P. da. Garlic quality as a function of seed clove health and size and spacing between plants. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 4, p. 966-975, out./dez. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n413rc>

LUCENA, R. R. M.; NEGREIROS, M. Z.; MORAIS, P. L. D.; LOPES, W. A. R.; SOARES, A. M. Qualitative analysis of vernalized semi-noble garlic variedades in western Rio Grande do Norte State, Brazil. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 3, p. 764-773, jul./set. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n329rc>.

LUENGO, R. de F. A.; CALBO, A. G.; LANA, M. M.; MORETTI, C. L.; HENZ, G. P. **Classificação de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 1999. 61 p. (Embrapa Hortaliças. Documentos, 22). Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPH-2009/26382/1/do_22.pdf. Acesso em: 10 jan. 2022

KADER, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food technology**, v. 40, n. 5, p. 99-104, 1986.

MALDONADE, I. R., RESENDE, F. V. Kinetics of bioactive compounds in aged Brazilian garlic. **Acta Horticulturae**, n. 1106, p. 179-184, Dec. 2015. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1106.28.

MANN, L. K. Anatomy of the garlic bulb and factors affecting bulb development. **Hilgardia**, v. 21, n. 8, p. 195-251, 1952.

MAROUELLI, W. A.; BRAGA, M. B.; LUCINI, M. A.; RESENDE, F. V. **Irrigação na cultura do alho**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2014. 24 p. (Embrapa Hortaliças. Circular técnica, 136). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/121069/1/CT-136.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.

MELO-FILHO, P. A.; RESENDE, R. O.; CORDEIRO, C. M. T.; BUSO, J. A.; TORRES, A. C.; DUSI, A. N. Viral reinfection affecting bulb production in garlic after seven years of cultivation under field conditions. **European Journal of Plant Pathology**, v. 116, n. 2, p. 95-101, Oct. 2006. DOI: 10.1007/s10658-006-9042-3

MELO, W. F.; RESENDE, F. V.; FILHO, E. G.; DUSI, A. N. Da bancada ao agricultor: a transferência de tecnologia de alho livre de vírus aos agricultores familiares da Bahia. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 28, n. 1, p. 81-114, jan./abr. 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79550/1/CDTV28n1-3p81.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.

MENEZES JÚNIOR, F. O. G. de. Cultivo in vitro do alho visando a limpeza clonal. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 10, n. 2, p. 158-167, jul./dez. 2011.

MITUTI, T.; MARUBAYASHI, J. M.; MOURA, M. F.; KRAUSE-SAKATE, R.; PAVAN, M. A. First report of Shallot latent virus in Garlic in Brazil. **Plant Disease**, v. 95, n. 2, p. 227, Feb. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-10-0599>.

MORIHARA, N.; HINO, A.; MIKI, S.; TAKASHIMA, J.; SUZUKI, J. I. Aged garlic extract suppresses inflammation in apolipoprotein E-knockout mice. **Molecular Nutrition Food Research**, v. 61, n. 10, 1700308, Oct. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/mnfr.201700308>

MUNSHI, R. SATESH, K.; SANDEEP, C.; MANOJ, K.; Effect of exogenous application of phytohormones and fungicides on yield, quality storability and economics of garlic (*Allium sativum* L.). **Vegetable Science**, v. 45, n. 2, p. 249-253, 2018.

NASSUR, R. C. M. R.; HABER, L. L.; VILAS BOAS, E. V. B.; RESENDE, F. V. **Características comerciais, armazenamento e qualidade pós-colheita de variedades de alho infectadas e livres de vírus**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2020. 32 p. (Embrapa Hortaliças. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 216). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/220454/1/BPD-216-19-jan-2021.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.

OLIVEIRA, F. L.; DORIA, H.; TEODORO, R. B.; RESENDE, F. V. Características agronômicas de cultivares de alho em Diamantina. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 355-359, jul./set. 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/187156/1/v28n3a19.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.

OLIVEIRA, C. M.; SOUZA, R. J.; YURI, J. E.; MOTA, J. H.; RESENDE, G. M. Determinação do ponto de colheita na produção de alho. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 3, p. 506-509, set. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362003000300019>.

OLIVEIRA, C. M.; SOUZA, R. J.; YURI, J. E.; MOTA, J. H.; RESENDE, G. M. Época de colheita e potencial de armazenamento em variedades de alho. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 4, p. 804-807, out./dez. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362004000400029>

- OLIVEIRA, R. L. de; MUNIZ, J. A.; ANDRADE, M. J. B. de; REIS, R. L. dos. Precisão experimental em ensaios com a cultura do feijão. **Ciência & Agrotecologia**, v. 33, n. 1, p. 113-119, jan./fev. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000100016>
- PEREIRA, J. A. **Desenvolvimento e produção de alho submetido a diferentes períodos de vernalização e épocas de plantio**. 2000. 60f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- PRATI, P.; HENRIQUE, C. M.; MARTINS, C. P. C. C. Caracterização físico-química de variedades de alho. **Pesquisa e Tecnologia**, v. 7, n. 1, p. 1-6, 2010.
- REITER, J.; LEVINA, N.; Van der LINDEN, M.; GRUHLKE, M.; MARTIN, C.; SLUSARENKO, A. J. Diallylthiosulfinate (Allicin), a volatile antimicrobial from Garlic (*Allium sativum*), kills human lung pathogenic bacteria, including MDR strains, as a vapor, **Molecules**, v. 22, n. 10, p. 1711, Oct. 2017. DOI: 10.3390/molecules22101711.
- RESENDE, F. V.; NASSUR, R. C. M. R.; HABER, L. L. Variedades recomendadas: desempenho agrônomo e qualidade pós-colheita. In: NICK, C.; BORÉM, A. **Alho do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2017. p. 67-90.
- RESENDE, G. M.; CHAGAS, S. J. R.; PEREIRA, L. V. Características produtivas e qualitativas de variedades de alho. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 686-689, 2003.
- RIBEIRO, A. C. de L. **Efeitos do tempo de vernalização no crescimento e qualidade fisiológica de bulbilhos-semente na variedade Ito de *Allium sativum***. 2019. 45 f. Dissertação (Mestrado em Olericultura) Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, GO.
- SANDHU, S.; BRAR, P.; DHALL, R. Variability of agronomic and quality characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes. **SABRAO Journal of Breeding and Genetics**, v. 47, n. 2, p. 133-142, Jun. 2015.
- SAIF, S.; HANIF, M. A.; REHMAN, R.; RIAZ, M. Garlic. In: HANIF, M. A.; NAWAZ, H.; KHAN, M. M.; BYRNE, H. J. (ed.). **Medicinal plants of South Asia: novel sources for drug discovery**. Amsterdam: Elsevier, 2020. Cap. 23, p. 301-315. DOI:10.1016/b978-0-08-102659-5.00023-9.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.
- SANTOS, K. B.; GOMES, J. M. A.; GOMES, R. L. F.; FIGUEIREDO, L. S. O. Sistema de cultivo do alho (*Allium sativum* L.) na microrregião de Picos (PI). **Revista Espacios**, v. 38, n. 21, p. 19-25, 2017.
- SANTOS, M. A. V. **Desempenho agrônomo e análise biométrica de genótipos de alho na região do alto vale do Jequitinhonha, MG**, 2020. 84 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Vale do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina.
- SOARES, A. M.; NEGREIROS, M. Z.; RESENDE, F.V.; LOPES, W. A. R.; MEDEIROS, J. F.; GRANJEIRO, L. C. Avaliação de variedades de alho no município de Governador Dix-sept Rosado-RN, Brasil. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 9, n. 4, p. 423-430, out./dez. 2015.

SOUZA, R. J.; MACÊDO, F. S.; CARVALHO, J. G.; SANTOS, B. R.; LEITE, L. V. R. Absorção de nutrientes em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas cultivado sob doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 498-503, dez. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000400009>.

TORRES, A. C.; FAJARDO, T. V.; DUSI, A. N.; RESENDE, R. O.; BUSO, J. A. Shoot tip culture and termotherapy in recovering virus free plants of garlic. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 3, p. 192-195, nov. 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362000000300010>.

VARGAS, V. C. S.; GONZÁLEZ, R. E.; SANCE, M. M.; BURBA, J. L.; CAMARGO, A. B. Efecto de la interacción genotipo-ambiente sobre la expresión del contenido de alicina y ácido pirúvico en ajo (*Allium sativum* L.). **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo**, v. 42, n. 2, p. 15-22, 2010.

VIANA, J. P. G.; PIRES, C de J. ; PINHEIRO, J. B.; VALENTE, S. E. V.; LOPES, A. C. A.; GOMES, R. L. F. Divergência genética em germoplasma de alho. **Ciência Rural**, v. 46, n. 2, p. 203-209, fev. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130988>.

VIEIRA, G. S. **Dormência e conservação pós-colheita do alho (*Allium sativum* L.) submetido à cura artificial**. 1989. 42 f. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

VELOSO, M. E. C.; DUARTE, R. L. R.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; MELO, F. B.; RIBEIRO, V. Q. Características comerciais de alho em Picos, PI. **Horticultura Brasileira**, v. 17, n. 3. p. 234-237, nov.1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05361999000300012>.

