



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO CIENCIAS AGRONOMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

LEANDRO MEDEIROS DOS SANTOS

Adubação nitrogenada na qualidade pós-colheita de alho-nobre

MOSSORÓ

2025

LEANDRO MEDEIROS DOS SANTOS

Adubação nitrogenada na qualidade pós-colheita de alho-nobre

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Leilson Costa Grangeiro, Prof. Dr.

MOSSORÓ

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S237a Santos, Leandro Medeiros. Adubação nitrogenada na
qualidade pós-colheita de alho-nobre / Leandro
Medeiros Santos. - 2025. 29 f. : il.

Orientador: Leilson Costa Grangeiro.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do
Semi-árido, Curso de , 2025.

1. Allium sativum L.. 2. Fertilização. 3. Nitrogênio.
4. Pungência. 5. Qualidade. I.
Grangeiro, Leilson Costa, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva

CRB: 15/120

LEANDRO MEDEIROS DOS SANTOS

Adubação nitrogenada na qualidade pós-colheita de alho-nobre

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Defendida em: 10 /12/ 2025

BANCA EXAMINADORA

Leilson Costa Grangeiro, Prof. Dr. (UFERSA)
Orientador

Romualdo Medeiros Cortez Costa, Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Renata Ramayane Torquato Oliveira, Dra. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder saúde, força, sabedoria e perseverança para superar os desafios e concluir esta importante etapa da minha vida.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), por me acolher e fornecer o ambiente, a estrutura e o conhecimento essenciais para a minha formação e para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos meus amados pais, Caliana Lobo e Paulo Medeiros, por me ensinarem o valor da dedicação e do esforço. Por todo o suporte incondicional, pelos incontáveis sacrifícios e por serem o alicerce fundamental que possibilitou esta conquista.

Aos meus irmãos, Laíssa dos Santos, Luan Medeiros e Lázaro dos Santos, pela compreensão, pelo carinho e pela motivação constante, que tornaram a caminhada da graduação mais leve e feliz. Vocês são a minha maior inspiração.

À minha amada esposa, Larissa Ferreira, por ser meu alicerce e minha fonte inesgotável de motivação. Seu apoio emocional incondicional, sua paciência e sua confiança continuam no meu potencial foram fundamentais para superar os desafios desta jornada. Este trabalho é, em grande parte, reflexo do seu incentivo e da sua compreensão em todos os momentos cruciais desta jornada.

Ao orientador, Prof. Dr. Leilson Costa Grangeiro, pela confiança no meu trabalho, pela paciência, pela valiosa orientação técnica e científica, e pelos ensinamentos que foram cruciais para a realização desta pesquisa.

Ao Grupo de Pesquisa em Nutrição e Adubação de Plantas (GENAP/UFERSA) pela oportunidade e pelo apoio diário. Agradecimento especial a Beatriz Menezes, Dalbert Pereira, Davi Nascimento, Dayane Nóbrega, Enoch Ferreira, Gabriela Carvalho, Genilson Araújo, Gerson Bruno, Hadjy Adriano, Matilde Carvalho, Renata Torquato, Romualdo Cortez e Roseane Rodrigues.

Agradeço, em especial, a Dalbert Pereira, Romualdo Cortez, pelo suporte na elaboração da parte escrita do trabalho e pela colaboração nas análises estatísticas.

À Banca Examinadora, Prof. Dr. Leilson, Dr. Romualdo e Dr. Renata por aceitarem o convite para avaliar este trabalho e pelas contribuições e sugestões que certamente enriquecerão a versão final.

A todos meus amigos, em especial: Emanuel Felipe, Gerson Bruno, Davi Nascimento, Francisco José (Zé), Sidney Braga, Lídia Sabrina, Antony Gabriel, Guilherme Koji, Carlos

Augusto, Cauê Gustavo, pela parceria, pelas risadas, pela força e pelo apoio mútuo que tornaram a jornada da graduação mais leve e memorável.

Muito obrigado a todos!!!!

“Não basta adquirir sabedoria, é preciso usá-la. Não basta querer, é preciso fazer.”

-Johann Wolfgang von Goethe

RESUMO

O alho (*Allium sativum* L.) é uma cultura de grande valor comercial e social no Brasil, e o nitrogênio (N) um dos nutrientes mais exigido para o seu adequado desenvolvimento. O manejo adequado da adubação nitrogenada é essencial, pois influencia atributos de qualidade pós-colheita dos bulbos, como tamanho, firmeza e potencial de armazenamento, além de estar associado à produção de sólidos solúveis e à interação com o enxofre, fatores que contribuem para a pungência característica do alho. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de adubação nitrogenada na qualidade pós-colheita dos bulbos de alho nobre da cultivar 'Ito'. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), em delineamento em blocos casualizados completos, com cinco doses de N correspondentes a 75% (67,5 kg ha⁻¹), 100% (90 kg ha⁻¹), 125% (112,5 kg ha⁻¹), 150% (135 kg ha⁻¹) e 175% (157,5 kg ha⁻¹) da dose recomendada de 90 kg ha⁻¹, e quatro repetições. Após a colheita, foram avaliadas as seguintes variáveis: pungência, sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT), açúcares solúveis totais (AST), sólidos totais (ST) e índice industrial (II). Os resultados demonstraram que a adubação nitrogenada influenciou significativamente a pungência, os sólidos solúveis totais, os açúcares solúveis totais e o índice industrial. As variáveis acidez titulável, relação SST/AT e sólidos totais não apresentaram efeito significativo em função das doses de N avaliadas.

Palavras-chave: *Allium sativum* L., Fertilização, Nitrogênio, Pungência, Qualidade.

ABSTRACT

Garlic (*Allium sativum* L.) is a crop of high commercial and social importance in Brazil, and nitrogen (N) is one of the most required nutrients for its proper development. Adequate nitrogen fertilization management is essential, as it influences postharvest quality attributes of garlic bulbs, such as size, firmness, and storage potential, in addition to being associated with soluble solids production and its interaction with sulfur, which contributes to garlic pungency. In this context, this study aimed to evaluate the effect of different nitrogen fertilization rates on the postharvest quality of noble garlic bulbs of the cultivar 'Ito'. The experiment was carried out at the Rafael Fernandes Experimental Farm of the Federal Rural University of the Semi-Arid Region (UFERSA), using a randomized complete block design with five nitrogen rates corresponding to 75% (67.5 kg ha⁻¹), 100% (90 kg ha⁻¹), 125% (112.5 kg ha⁻¹), 150% (135 kg ha⁻¹), and 175% (157.5 kg ha⁻¹) of the recommended dose of 90 kg ha⁻¹, with four replications. After harvest, the following variables were evaluated: pungency, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), total soluble sugars (TSSu), total solids (TS), and industrial index (II). The results showed that nitrogen fertilization significantly affected pungency, total soluble solids, total soluble sugars, and the industrial index. Titratable acidity, the TSS/TA ratio, and total solids were not significantly influenced by the evaluated nitrogen rates.

Keyword: *Allium sativum* L., Fertilizer, Nitrogen, Pungency, Quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluviométrica de Mossoró na época do experimento, no ano de 2024. Rio Grande do Norte, UFERSA, 2025.....	22
Figura 2	– Croqui de parcela experimental alho nobre em função da adubação com dose de nitrogênio.....	22
Figura 3	– Pungência em bulbilhos de alho nobre adubado com nitrogênio.....	26
Figura 4A e B	– Efeito das doses nitrogenadas em relação aos sólidos solúveis totais e açúcares solúveis totais.....	27
Figura 5	– Efeito das doses de nitrogênio em relação ao índice industrial na Cultura do alho.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Análises químicas de solo (profundidade de 0 a 20 cm) das áreas experimentais na Fazenda Experimental Rafael Fernandes. Mossoró, RN, UFERSA, 2025.	23
Tabela 2	–	Análise de variância das características avaliadas da cultivar de alho nobre Ito a diferentes doses de nitrogênio.....	26

LISTA DE SÍMBOLOS

@	Arroba
©	Copyright
®	Marca registrada
%	Porcentagem
\$	Cifrão
ha ⁻¹	Hectares

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	17
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1.	CULTURA DO ALHO.....	19
2.2.	CULTIVO DO ALHO NOBRE EM REGIÃO SEMI- ÁRIDA.....	20
2.3.	IMPORTÂNCIA DO NITROGÊNIO NO CULTIVO DO ALHO	20
3.	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	21
3.2.	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	22
3.3.	INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	22
3.4.	VARIÁVEIS ANALIZADAS.....	24
3.5.	ANÁLISE DE VARIÂNCIA	25
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5.	CONCLUSÃO	29

1. INTRODUÇÃO

O alho (*Allium sativum* L.) ocupa posição de destaque entre as hortaliças mais produzidas no Brasil, especialmente pela ampla utilização culinária, valor comercial e reconhecidas propriedades medicinais. O alho pode ser classificado como comum e nobre. Seu cultivo é realizado na sua maioria por pequenos agricultores (HENRIQUES, 2016). A principal diferença entre os tipos de alho está relacionada às exigências em temperatura e fotoperíodo. Estudos demonstram que fatores ambientais como temperatura e fotoperíodo influenciam diretamente o desenvolvimento do alho, sendo que faixas de temperatura entre 18 °C e 25 °C associadas a fotoperíodos longos (≈ 14 h de luz) são favoráveis ao bulbing em várias cultivares de *Allium sativum* conforme citado por Pereira, 2024 em referência a Khokhar, (2022).

Nas condições de clima semiárido o cultivo do alho-nobre é viabilizado principalmente pelo uso da técnica de vernalização, a qual consiste na exposição prévia dos bulbilhos a baixas temperaturas, promovendo a indução da bulbificação e a adaptação da cultura a ambientes com insuficiência de frio natural (TAIZ et al., 2017; RESENDE et al., 2010). Diversos estudos têm avaliado tanto o comportamento de cultivares quanto as condições ideais de temperatura e tempo de vernalização para maximizar a resposta das plantas nessas condições ambientais (PEREIRA, 2024; MORAIS, 2023). Os resultados demonstraram efeitos positivos na produção da cultivar ITO em condições de baixa altitude com vernalização de -5 a -3°C por 55 dias (MORAIS, 2023). Complementando, Morais (2023), avaliou a aplicação da vernalização negativa em bulbos-semente de alho nobre, demonstrando que regimes de frio mais intensos também influenciam o vigor inicial, a uniformidade de emergência e o estabelecimento da cultivar sob condições de baixa altitude do semiárido. De modo geral, a literatura aponta boa adaptação da cultivar 'Ito' quando submetida à vernalização a 4°C por aproximadamente 40 dias (SOUZA & MACÊDO, 2009; OLIVEIRA, 2020).

O alho-nobre apresenta elevada exigência nutricional ao longo do ciclo (RESENDE et al., 2000), em função do intenso acúmulo de matéria seca nos bulbos e da influência da nutrição na qualidade final do produto (MAROUELLI et al., 2002). Do ponto de vista fisiológico, essa elevada demanda está relacionada às funções exercidas pelos macros e micronutrientes no crescimento e na formação de órgãos de reserva (TAIZ et al., 2017).

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes mais demandados pela cultura do alho. É considerado um elemento estrutural fundamental para os vegetais, compondo aminoácidos, proteínas, enzimas e constituinte da molécula de clorofila. Por essa razão, sua disponibilidade

influencia diretamente ao crescimento e desenvolvimento vegetativo (TAIZ et al., 2017). Entretanto a importância do N, estende-se também à qualidade pós-colheita dos bulbos. Níveis adequados desse nutriente afetam o tamanho, a firmeza, a aparência e a densidade do bulbo, além de aumentar o potencial de armazenamento (MAROUELLI et al., 2002). Ademais, o N contribui para a síntese de aminoácidos sulfurados, como a aliina, a precursora da alicina e do ácido pirúvico, compostos diretamente associados a pungência do alho e ao seu valor industrial (RANDLE, 2000; BLOEM et al., 2006).

Marouelli et al. (2002) verificaram que o aumento das doses de nitrogênio, associado ao manejo hídrico adequado, eleva tanto a produtividade quanto o peso médio dos bulbos. Resultados semelhantes foram observados por Resende et al. (2000), que relataram incremento no rendimento comercial e nas características físicas dos bulbos com o aumento do fornecimento de N. Complementando esses achados, Meneses Sobrinho et al. (2008) identificaram que o fornecimento de nitrogênio também promove elevação no rendimento e na massa média dos bulbos, destacando a existência de uma dose ótima de N para maximizar a eficiência produtiva do alho.

Do ponto de vista fisiológico, TAIZ et al. (2017) explica que a disponibilidade adequada de nitrogênio é essencial para o equilíbrio entre o metabolismo de carbono e nitrogênio, favorecendo a síntese e o acúmulo de carboidratos nos órgãos de reserva. Esse equilíbrio resulta em maior teor de sólidos solúveis e melhor qualidade dos bulbos. Entretanto, quando aplicado em excesso, o nitrogênio promove crescimento vegetativo exagerado, aumenta o custo energético da planta e reduz o acúmulo de reservas, predispondo o alho a distúrbios fisiológicos como a superbrotção (RESENDE & SOUZA, 2001) e podendo diminuir a pungência devido ao desequilíbrio metabólico com o enxofre (RESENDE et al., 1993).

Apesar do conhecimento acerca dos efeitos do nitrogênio sobre a cultura do alho, inclusive na qualidade pós-colheita, este estudo se justifica pela ausência de recomendações específicas para o cultivo de alho-nobre em condições semiáridas de baixa altitude. Uma mesma cultivar pode apresentar desempenho distinto quando cultivada em altitudes diferentes, mesmo sob o mesmo manejo. Este fato é corroborado por estudos que evidenciam interação significativa entre cultivares e ambientes de cultivo (PEREIRA, 2024). Somado a isso, diversos fatores interferem na eficiência do uso de N, tais como condições climáticas, características físico-químicas do solo, manejo da irrigação, genótipo utilizado, forma e momento de aplicação do fertilizante (FERNANDES et al., 2011; HAHN et al., 2020; HENRIQUES et al., 2010).

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da adubação nitrogenada na qualidade pós-colheita do bulbo da cultivar ‘ito’, visando identificar a dose que maximize os atributos de qualidade da cultura.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. CULTURA DO ALHO

O alho (*Allium sativum* L.) é uma das espécies cultivadas mais antigas. É utilizada como planta medicinal, mas principalmente como condimento na culinária global. O cultivo dessa hortaliça é caracterizado pelo uso intenso de mão de obra, contribuindo significativamente para a geração de emprego e renda em áreas rurais (TRENDSCE, 2021).

Nos dias de hoje, a China ainda é o maior produtor de alho do mundo, seguida da Coreia do Sul e bangladeshes. O Brasil ocupa o 13^a lugar no ranking mundial de produção (FAOSTAT, 2021). Na América Latina, o Brasil ocupa o top 2, ficando atrás somente da Argentina (NICK & BORÉM, 2017). Grande parte do alho que é consumido no Brasil é importado dos países de maior produção como China, Argentina e Espanha. Enquanto internamente, a produção nacional abastece cerca de 45% do consumo (RESENDE et al., 2018).

Segundo o IBGE (2017), no Brasil os principais produtores de alho foram Minas Gerais (41,577 t), Goiás (25,662 t), Santa Catarina (16,272 t) e Rio Grande do Sul (10,227 t), com produtividade média de 12 a 16 toneladas por hectare nos estados do Centro-Oeste, e nos estados do Sul, cerca de 9 toneladas (IBGE, 2020), juntos respondem a 92% da produção nacional. No mercado, o alho produzido na região sul do Brasil compete diretamente com o alho produzido na Argentina, devido ao cultivo, colheita das safras coincida em períodos próximos, fazendo com que haja a entrada simultânea dos produtos no setor nacional.

O Rio Grande do Norte, apesar de apresentar regiões de altitude com condições favoráveis ao cultivo de alho nobre e semi-nobre, atualmente, depende da importação deste produto para atender a sua demanda interna. Até o final da década de 80, mesmo já sendo limitada a área de cultivo e a quantidade de alho produzido, o Estado conseguia abastecer parte da sua demanda na época da safra, que ocorria entre os meses de agosto a dezembro, dependendo da época de plantio (LOPES, 2014).

O alho comercial é dividido em grupos distintos, sendo o alho nobre e o alho comum (ou semi-nobre) os principais. O alho nobre caracteriza-se por bulbos com túnicas de coloração

branca e bulbilhos com película de coloração roxa intensa, geralmente contendo de 8 a 12 bulbilhos por bulbo. No Sul do Brasil, cultivares de alho-nobre podem ultrapassar 180 dias de ciclo; entretanto, em condições semiáridas de baixa altitude, o ciclo é significativamente reduzido, variando de 110 a 130 dias devido às temperaturas mais elevadas, conforme relatado pela Embrapa (2017) e por estudos regionais como o de Rocha et al. (2017). Resende et al. (2010) também destacam que ambientes mais quentes aceleram o desenvolvimento e antecipam a maturação do alho, contribuindo para a redução do ciclo.

Em contrapartida, o alho comum ou semi-nobre possui cor variando de branca a creme com estrias de antocianina (aspecto arroxeados) e produz em média 15 bulbilhos por bulbo. O alho comum é reconhecido por ser mais rústico e precoce, demonstrando capacidade de adaptação em ambientes como o semiárido, mas apresenta um potencial produtivo e comercial inferior ao nobre (PINTO et al., 2020).

2.2. CULTIVO DO ALHO NOBRE EM REGIÃO SEMI-ÁRIDA

As cultivares de alho nobre, como a 'Ito', tem origem na região Sul do Brasil e apresentam elevada exigência quanto as condições ambientais necessárias para a bulbificação. São exigentes em fotoperíodo longo (superiores a 13 horas de luz) e temperaturas amenas 10 a 25 °C (LANDAU et al., 2020), em ambientes mais quentes, como o semiárido, essas cultivares requerem a vernalização (submissão a baixas temperaturas) pré-plantio para que a bulbificação ocorra de maneira adequada (EMBRAPA, 2017). Em função dessas exigências, o cultivo de alho nobres tem se concentrado em áreas de maior altitude do norte e nordeste, onde as condições térmicas são mais favoráveis ao seu desenvolvimento.

A qualidade pós-colheita é um diferencial entre os grupos de alho, sendo o alho nobre favorecido por um maior potencial genético para acúmulo de sólidos solúveis e pungência (LUCENA et al., 2015). As principais características de qualidade avaliadas são: a pungência (estimada pelo teor de ácido pirúvico, indicador de sabor e aroma), os sólidos solúveis totais e o índice industrial. O Índice Industrial constitui uma medida integrada da qualidade do alho para processamento e desidratação, sendo calculado pela associação entre os teores de sólidos totais e a pungência, características de grande relevância para a indústria (HENRIQUES, 2016).

2.3. IMPORTÂNCIA DO NITROGÊNIO NO CULTIVO DO ALHO

O nitrogênio (N) é o nutriente mais exigido pela cultura do alho, desempenhando papel fundamental na fisiologia, como integrar proteínas, enzimas e moléculas de clorofila (FAQUIN, 2005; TAIZ et al., 2017). Quando manejado de forma adequada, o nitrogênio contribui positivamente para atributos pós-colheita, como tamanho, firmeza, aparência e densidade dos bulbos, além de favorecer o tempo de armazenamento (MAROUELLI et al., 2002). Além disso, o N participa do metabolismo de aminoácidos sulfurados precursores dos compostos organossulfurados que definem a pungência e o aroma característico do alho e, portanto, influencia diretamente a qualidade química e sensorial dos bulbos (RESENDE et al., 1993).

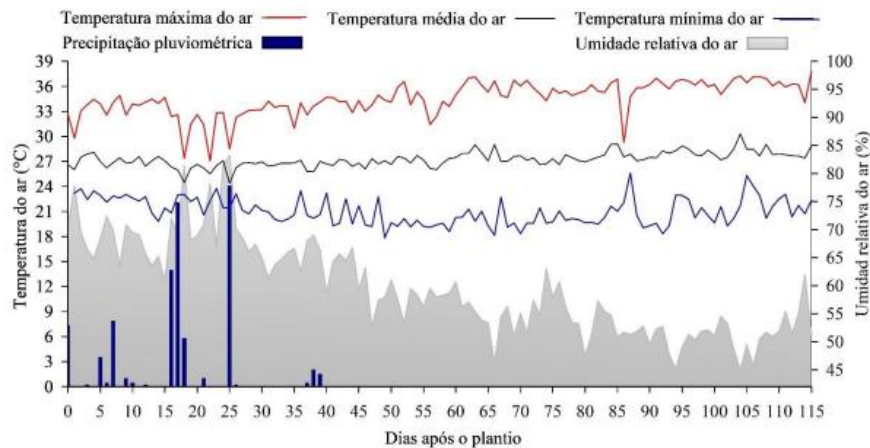
Entretanto, o excesso de N pode ser prejudicial, levando à formação de bulbos menores e menos densos (MARCUIZZO et al., 2021). Adicionalmente, doses elevadas podem provocar desequilíbrios fisiológicos, como o pseudoperfilhamento, problema indesejável no cultivo de alho-nobre (BÜLL et al., 2002), além de comprometer atributos pós-colheita devido à desorganização metabólica causada pelo excesso de nitrogênio. um problema indesejável para o alho nobre, e aumenta o chochamento de bulbos durante o período de armazenamento (RESENDE; CECÍLIO FILHO, 2009).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado no período de agosto a dezembro de 2024, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), localizada no distrito de Alagoinha, zona rural do município de Mossoró, Rio Grande do Norte. A fazenda experimental está localizada nas coordenadas geográficas de 5°03'29"S 37°23'44"W, 72 m de altitude. O clima da região, segundo Köppen, é do tipo BSh, (Figura 1). O solo da área de experimentação é classificado como Argissolo (EMBRAPA, 2018).

Figura 1: Temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluviométrica de Mossoró na época do experimento, no ano de 2024. Rio Grande do Norte, UFERSA, 2025.



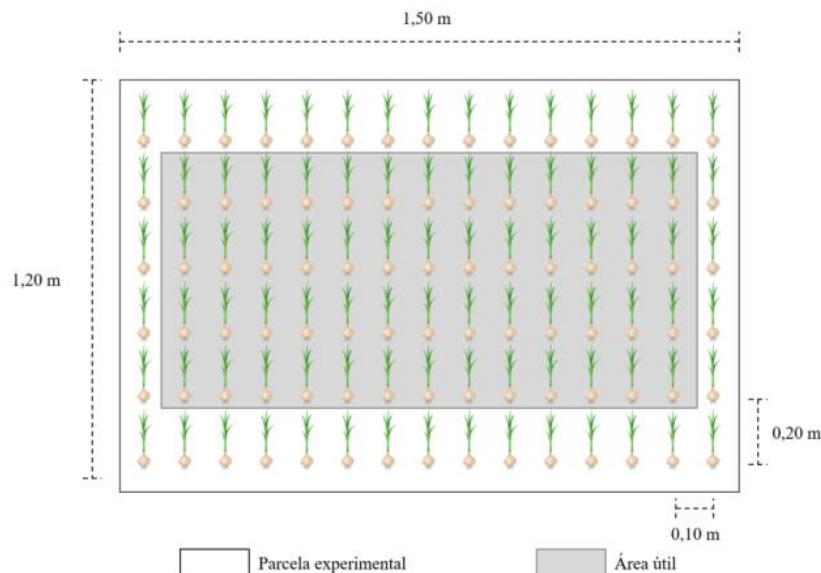
Fonte: Eng. agrônomo Me. Dalbert Pereira (2025).

3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados completos, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram na aplicação de 75% (67,5 kg ha⁻¹), 100% (90 kg ha⁻¹), 125% (112,5 kg ha⁻¹), 150% (135 kg ha⁻¹) e 175% (157,5 kg ha⁻¹) da dose proposta (90 kg ha⁻¹) por Holanda et al. (2017). O N foi aplicado por fertirrigação, utilizando como fonte a ureia que possui em sua composição cerca de 45% de N.

Cada unidade experimental foi constituída por seis fileiras com 15 plantas cada, dispostas em espaçamento de 0,10 m entre plantas e 0,20 m entre fileiras (figura 2). A área útil destinada para à coleta de bulbos para análises pós-colheita correspondeu as quatro fileiras centrais, desconsiderando-se as bordaduras. A cultivar de alho nobre utilizada no estudo foi a 'ito'.

Figura 2 - Croqui de parcela experimental alho nobre em função da adubação com dose de nitrogênio.



Fonte: Autoria própria (2025).

3.3. INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O preparo do solo foi realizado com uma aração e duas gradagens cruzadas a uma profundidade média de 0,20 m, seguido do levantamento dos canteiros com 0,30 m de altura. Na adubação de fundação, foram aplicados 250 kg ha⁻¹ de P₂O₅, utilizando como fonte o superfosfato simples.

O sistema de irrigação foi composto por microaspersão com vazão de 27 L h⁻¹. A adubação de cobertura foi realizada via fertirrigação, utilizando três mangueiras por canteiro, com emissores espaçados de 0,30 m e vazão de 1,5 L h⁻¹. Nesta etapa, foram aplicados 46,45 kg ha⁻¹ de K₂O, 15 kg ha⁻¹ de Mg, 22,04 kg ha⁻¹ de S, 4,54 kg ha⁻¹ de Zn e 1,77 kg ha⁻¹ de B. Como fontes desses nutrientes, utilizaram-se o cloreto de potássio, sulfato de magnésio, sulfato de zinco e ácido bórico, respectivamente.

Tabela 1 - Análises químicas de solo (profundidade de 0 a 20 cm) das áreas experimentais na Fazenda Experimental Rafael Fernandes. Mossoró, RN, UFERSA, 2025.

P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	S ^{**}	H+Al	Al ³⁺
mg dm ⁻³	-----cmol _c -----						
10,20	0,08	1,04	0,38	0,01	1,50	0,61	0,00
pH	CE [*]	Mo [*]	Cu	Fe	Mn	Zn	B
H ₂ O	dS m ⁻¹	g Kg ⁻¹	-----mg dm ⁻³ -----				
6,12	0,11	7,90	0,24	61,40	15,10	1,60	0,20

*CE = condutividade elétrica; MO = matéria orgânica. P, K⁺ e Na⁺: Mehlich (HCl+H₂SO₄); Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺: KCl 1M; **S: Ca(H₂PO₄).

Fonte: Autoria própria (2025).

Antes do plantio, para garantir a uniformidade, verificou-se o índice visual de dormência (70%). Os bulbilhos foram submetidos ao processo de vernalização em câmara frigorífica por

um período de 55 dias à temperatura de -3°C . O plantio foi feito manualmente, semeando um bulbilho por cova. Os tratos culturais, como o controle de plantas daninhas e pragas, foram realizados de acordo com a necessidade.

A colheita foi realizada 115 DAP, quando as plantas atingiram 2/3 das folhas amareladas ou secas, momento em que apresentaram bulbos fisiologicamente maduros, não ocorrendo prejuízos à conservação. Após a colheita, realizou-se a pré-cura por três dias, consistindo em exposição ao sol com as folhas recobrando os bulbos. Em seguida, a cura foi feita durante 17 dias em local sombreado e arejado.

3.4. VARIÁVEIS ANALISADAS

Para a realização das análises, a pasta de alho foi obtida a partir de seis bulbos comerciais, previamente selecionados quanto à uniformidade, sanidade e ausência de danos mecânicos, que foram descascados e triturados até obtenção de uma amostra homogênea.

Acidez titulável (AT) Utilizado 1 g de pasta de alho, diluída em água destilada até o volume de 50 mL. Adicionando-se duas a três gotas de fenolftaleína a 1%, seguida de titulação com solução de NaOH 0,1N, até o ponto de viragem caracterizado pela cor rosa. (IAL, 2005).

Sólidos solúveis (SS): Determinados a partir da pasta de alho, filtrada em tecido fait, 100% poliéster, por meio de leitura em refratômetro digital (modelo DBR 45) com compensação automática de temperatura. (AOAC, 2002).

Relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT): Determinada pela relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável.

Pungência (PUNG): Estimada por meio da determinação do ácido pirúvico, no qual foi utilizado o reagente 2,4-Dinitrofenilhidrazina (DNPH), pelo método colorímetro descrito por Schwimmer e Weston (1961). Em Erlenmeyer, adicionado 0,2 mL do suco do alho, 1,5 mL de ácido tricloroacético a 5% e 18,3 mL de água destilada, para obtenção do extrato. Em tubo de ensaio, foi adicionado 1 mL do extrato, 1 mL da solução de 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH) e 1 mL de água destilada. O material foi agitado em vórtex. Em seguida, os tubos de ensaio foram levados ao banho-maria a 37°C durante 10 minutos. O material foi resfriado em banho de gelo e adicionado 5 mL de NaOH 0,6N, por tubo de ensaio. Em seguida, é agitado em vórtex e mantido em repouso por cinco minutos para desenvolver a cor amarela. As absorbâncias foram lidas em espectrofotômetro a 420 nm. O piruvato de sódio foi usado como padrão.

Açúcares solúveis totais (AST): Determinados pelo método da antrona (YEMM; WILLIS, 1954), no qual foi diluído 0,2 g de pasta de alho em 100 mL de água destilada. Em seguida, o material foi filtrado para obter o extrato. Em um tubo de ensaio foram adicionados 50 µL do extrato e 950 µL de água destilada. Os tubos foram submetidos a banho de gelo, permanecendo enquanto adicionam 2 mL de solução de antrona. Os tubos foram agitados e retornarão ao banho de gelo, e logo depois, submetidos a banho-maria em água em ebulição por oito minutos. Após o procedimento, os tubos foram retirados do banho-maria e retornaram para o banho de gelo até o resfriamento. A solução de glicose nas concentrações de 0, 10, 20, 30, 40, 50 mg L⁻¹ para obtenção da curva padrão. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 620 nm e os resultados foram expressos em g 100 g⁻¹ de pasta (%).

Sólidos totais (ST): Os bulbilhos foram levados a uma estufa com circulação forçada de ar, com temperatura de 65°C, até atingirem massa seca constante. Os sólidos totais foram calculados pela diferença entre da matéria seca e o teor de umidade dos bulbilhos e os resultados foram expressos em g de sólidos totais/100 g de alho (%) (IAL, 2005).

Índice industrial (II): fora calculado pela seguinte fórmula (Sólidos totais x ácido pirúvico) /100, de acordo com Carvalho et al. (1991).

3.5. ANALISE EXTATÍSTICA

As características avaliadas foram analisadas com o programa estatístico SISVAR, versão 5.6, procedeu-se a análise de variâncias (ANOVA), para verificar a significâncias dos efeitos dos tratamentos, adotando-se o teste F a de 5% de probabilidade dos tratamentos por meio do teste F. As diferentes doses de nitrogênio foram posteriormente ajustadas a modelos de regressão (FERREIRA, 2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Adução nitrogenada influenciou significativamente a pungência (PUNG), sólidos solúveis (SS), açúcares totais (AST) e índice industrial (II). Por outro lado, a acidez titulável (AT) (5,84 mEq

H₃O+100g⁻¹), a relação SS/AT (33,58) e os sólidos totais (ST) (32,52%) não foram influenciadas pelos tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2: Análise de variância das variáveis pós-colheita dos bulbos de alho-nobre, cultivar Ito, sob doses de nitrogênio.

FV	GL	PUNG	SS	AST	II	AT	SS/AT	ST
Dose de N	4	46,35**	4,62*	43,19**	6,42**	0,25 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,68 ^{ns}
Bloco	3	14,42*	5,22*	13,07**	0,76 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,47 ^{ns}	2,51 ^{ns}
Média		82,36	33,58	26,28	26,30	5,84	33,58	32,52
CV (%)		3,55	3,01	7,45	3,16	7,86	8,51	3,15

Fator de variância (FV); Grau de liberdade (GL); Pungência (PUNG); sólidos solúveis (SS); Açúcares solúveis totais (AST); Índice industrial (II), Acidez titulável (AT);

Relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT); sólidos totais (ST); Não Significativo (NS), Significativo a 1% (**), Significativo a 5% (*).

Observou-se que o aumento da adubação nitrogenada elevou a pungência nos bulbos do alho-nobre. A concentração máxima de ácido pirúvico atingiu 85,80 µMol de ácido pirúvico, na dose 103,02 kg ha⁻¹ de N (Figura 3). Em seguida, houve redução dos valores com o incremento das doses de N.

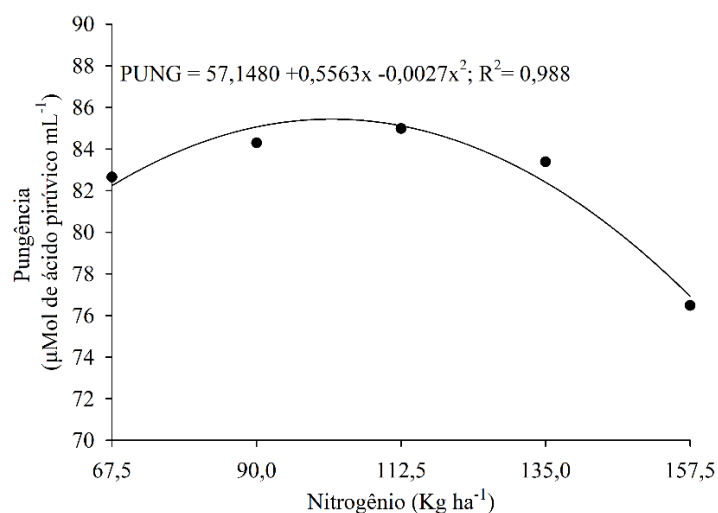


Figura 3: Pungência em bulbilhos de alho nobre adubado com nitrogênio.

O aumento da pungência em resposta ao nitrogênio está associado à maior síntese de aminoácidos sulfurados e à intensificação da atividade da via aliina–aliinase, responsável pela formação de ácido pirúvico. Assim, maior disponibilidade de N favorece a síntese desses precursores sulfurados, elevando a pungência dos bulbos, característica desejável para alho-nobre destinado ao consumo e processamento (RANDLE, 1992).

Em doses elevadas pode ter provocado um desequilíbrio nutricional entre o N e S, promovendo a diluição de S nos tecidos da planta devido ao crescimento vegetativo acelerado (GARCIA et al., 2012), ou causar antagonismo na absorção, o que prejudica a síntese dos aminoácidos sulfurados essenciais (CASTILHO et al., 2015). Esse desbalanço pode ter limitado diretamente a produção de aliína, a precursora da alicina, e consequentemente, a pungência dos bulbos (BLOEM et al., 2006; RANDLE, 2000).

Em relação aos SS, foi observado significância nas doses de nitrogênio, cujo valor máximo estimado foi de 35,10% alcançados com a aplicação de 121,3 kg ha⁻¹ N (Figura 4A). De forma similar, foi verificado o incremento de 31,1% de açúcares solúveis totais para a dose de 110,94 Kg N ha⁻¹ (Figura 4B).

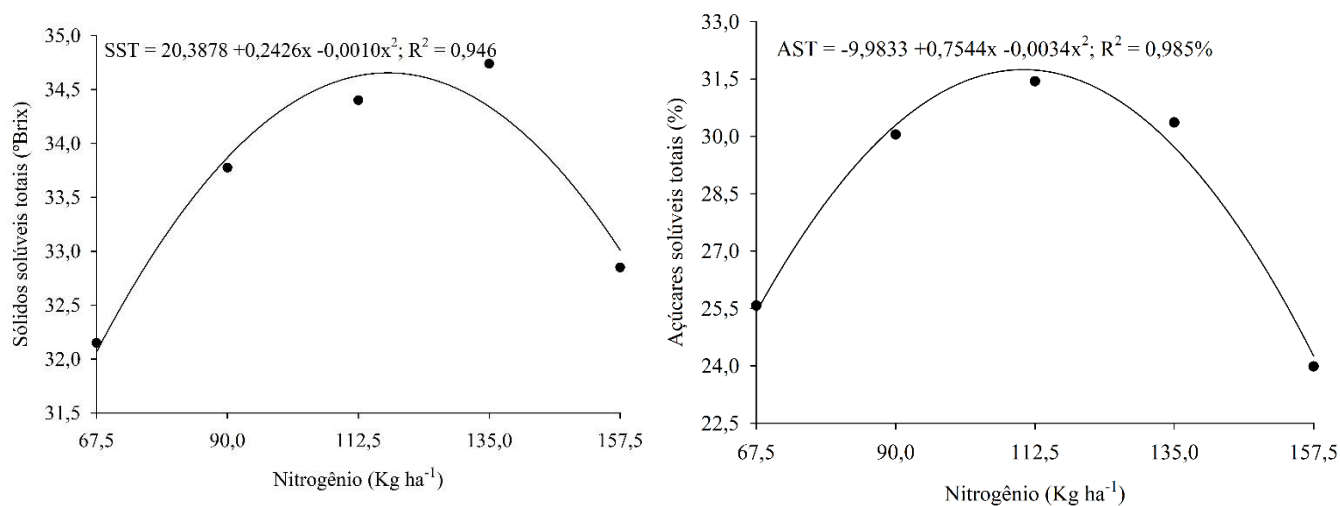


Figura 4A e B: Efeito das doses nitrogenadas em relação aos sólidos solúveis totais e açúcares solúveis totais.

O nitrogênio (N) desempenha papel central na formação da clorofila e na ativação de enzimas-chave do metabolismo, desempenhando papel central na assimilação de carbono pelas plantas (TAIZ et al., 2017). Dessa forma, ao promover maior crescimento vegetativo e aumento da área foliar, a aplicação de N via fertirrigação eleva a capacidade fotossintética da planta, favorecendo a produção de biomassa. Como consequência, ocorre maior produção de carboidratos, que são translocados e acumulados nos bulbos sob a forma de sólidos solúveis,

incluindo açúcares solúveis, justificando o aumento dos sólidos solúveis totais e açúcares solúveis totais observado.

Em relação ao índice industrial, que expressa o potencial do alho para processamento industrial a partir da associação entre sólidos totais e pungência (ácido pirúvico), o valor máximo estimado ocorreu na dose de 99,04 kg ha⁻¹ de N, resultando em índice de 27,28, a partir do qual foram observados decréscimos com incrementos das doses (figura 5) superiores.

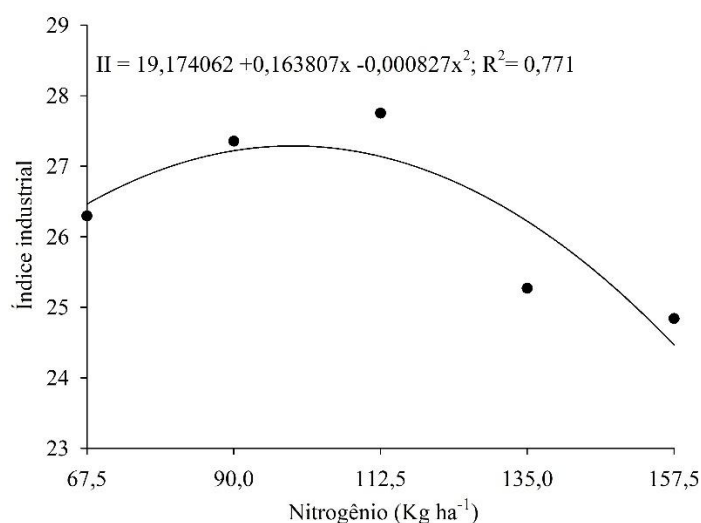


Figura 5: Efeito das doses de nitrogênio em relação ao índice industrial na Cultura do alho.

Segundo Lucena et al. (2015), o índice industrial é um parâmetro amplamente utilizado na avaliação da qualidade do alho destinado à desidratação, uma vez que está diretamente relacionado ao teor de sólidos e à intensidade de aroma dos bulbos.

Esse comportamento está associado à influência do nitrogênio sobre a síntese de compostos sulfurados, refletindo diretamente na pungência dos bulbos. De acordo com Henriques (2016), a pungência, estimada pelo teor de ácido pirúvico, exerce papel determinante na composição do índice industrial, sendo essencial para o rendimento e a qualidade do produto final no processamento industrial do alho.

De modo geral, os resultados obtidos reforçam a importância do manejo nutricional adequado do nitrogênio na cultura do alho, uma vez que esse nutriente exerce papel central no crescimento vegetativo, na formação dos bulbos e na definição da qualidade final do produto (TAIZ et al., 2017; EMBRAPA, 2017). O fornecimento equilibrado de N influencia diretamente

atributos físico-químicos relevantes, como pungência, teor de sólidos solúveis e índice industrial, os quais estão associados ao valor comercial e à capacidade de armazenamento dos bulbos (MAROUELLI et al., 2002; RESENDE; CECÍLIO FILHO, 2009).

Por outro lado, o manejo inadequado, especialmente o excesso de nitrogênio, pode ocasionar desordens fisiológicas, como pseudoperfilhamento e chochamento, além de comprometer a qualidade pós-colheita, evidenciando a necessidade de ajuste criterioso das doses às condições de cultivo e ao material genético utilizado (BÜLL et al., 2002; MARCUZZO et al., 2021). Dessa forma, a adoção de estratégias de manejo nutricional baseadas em critérios técnicos e na resposta da cultura constitui ferramenta fundamental para a obtenção de bulbos de alho nobre com elevada qualidade e maior valor agregado.

5. CONCLUSÃO

A adubação nitrogenada influenciou diretamente a qualidade físico-química dos bulbos de alho, cultivar Ito. As doses intermediárias de N favoreceram maiores teores de ácido pirúvico, sólidos solúveis e açúcares solúveis totais, refletindo em maior pungência e melhor potencial para processamento industrial.

De modo geral, as doses de N situadas entre 100 e 120 kg ha⁻¹ otimizaram a qualidade e o potencial de industrialização dos bulbos de alho, enquanto doses excessivas reduziram atributos importantes, especialmente a pungência.

REFERÊNCIAS

- AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 17. ed. Gaithersburg: AOAC International, 2002.
- BLOEM, E.; HANEKLAUS, S.; SCHNUG, E. Influence of nitrogen and sulfur fertilization on the sulfur-containing compounds of garlic (*Allium sativum* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 54, n. 7, p. 2359–2364, 2006.
- BÜLL, L. T.; VILLAS BÔAS, R. L.; NAKAGAWA, J. Efeito da adubação nitrogenada sobre a ocorrência de pseudoperfilhamento no alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 23–27, 2002.
- CARVALHO, M. G. et al. Índice industrial em alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 10, p. 1671–1676, 1991.
- CASTILHO, M. S. et al. Nitrogen and sulfur fertilization effects on garlic yield and quality. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 72, n. 4, p. 331–337, 2015.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema de produção de alho**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2017.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Alho: aspectos técnicos da cultura**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2018.
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA, 2005.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.
- GARCIA, L. C. et al. Nitrogen fertilization effects on garlic yield and quality. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 673–678, 2012.
- HENRIQUES, G. P. S. **Produção de alho nobre no semiárido brasileiro**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.
- IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: IAL, 2005.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.
- KHOKHAR, K. M. Effect of temperature and photoperiod on the cauliflower, onion and garlic: a review. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 97, n. 2, p. 141-158, 2022.

- LANDAU, E. C. et al. **Climatologia agrícola do alho no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2020.
- LUCENA, R. R. M. et al. Qualidade pós-colheita de alho em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 10, p. 979–985, 2015.
- MAROUELLI, W. A. et al. Manejo da irrigação e da adubação nitrogenada na cultura do alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 31–35, 2002.
- MENEZES SOBRINHO, J. A. et al. Efeito da adubação nitrogenada na produtividade e qualidade do alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 5, p. 593–600, 2008.
- MORAIS, P. L. D. **Produção e qualidade de alho em condições semiáridas**. Mossoró: EdUFERSA, 2023.
- NICK, C.; BORÉM, A. **Alho: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2017.
- OLIVEIRA, L. L. **Crescimento e produtividade de alho sob diferentes doses de nitrogênio no semiárido**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2020.
- PEREIRA, A. S. **Exigências climáticas e adaptação do alho nobre no semiárido brasileiro**. 2024. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2024.
- PINTO, J. M. et al. Manejo nutricional do alho em condições tropicais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 67, n. 3, p. 217–225, 2020.
- RANDLE, W. M. Onion flavor chemistry and factors influencing flavor intensity. **Horticultural Reviews**, Hoboken, v. 13, p. 329–356, 1992.
- RANDLE, W. M. Increasing nitrogen concentration in hydroponic solutions affects onion flavor and bulb quality. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 125, n. 2, p. 254–259, 2000.
- RESENDE, G. M. et al. Resposta do alho à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1311–1318, 2000.
- RESENDE, G. M.; CECÍLIO FILHO, A. B. Manejo da adubação nitrogenada na cultura do alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 12–17, 2009.
- SCHWIMMER, S.; WESTON, W. J. Enzymatic development of pyruvic acid in onion as a measure of pungency. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 9, n. 4, p. 301–304, 1961.
- SOUZA, R. J.; MACÊDO, F. S. **Cultura do alho**. Lavras: Editora UFLA, 2009.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, London, v. 57, p. 508–514, 1954.