



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA  
DOUTORADO EM FITOTECNIA

RODOLFO RODRIGO DE ALMEIDA LACERDA

**ADUBAÇÃO COM ENXOFRE NA CULTURA DA CEBOLA**

MOSSORÓ  
2021

RODOLFO RODRIGO DE ALMEIDA LACERDA

**ADUBAÇÃO COM ENXOFRE NA CULTURA DA CEBOLA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Nutrição de Hortaliças  
Orientador: Prof. Dr. Leilson da Costa Grangeiro

MOSSORÓ  
2021

© 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 n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 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.

L131a Lacerda, Rodolfo Rodrigo de Almeida.  
Adubação com enxofre na cultura da cebola /  
Rodolfo Rodrigo de Almeida Lacerda. - 2021.  
76 f. : il.

Orientador: Leilson da Costa Grangeiro.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural  
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em  
Fitotecnia, 2021.

1. Allium cepa L.. 2. Nutrição mineral. 3.  
Produtividade. 4. Qualidade. 5. Viabilidade  
econômica. I. Grangeiro, Leilson da Costa, orient.  
II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

RODOLFO RODRIGO DE ALMEIDA LACERDA


**ADUBAÇÃO COM ENXOFRE NA CULTURA DA CEBOLA**

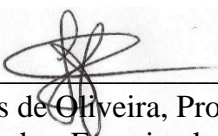
Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia.


Linha de Pesquisa: Nutrição de Hortaliças


**APROVADO EM:** 09/02/2021

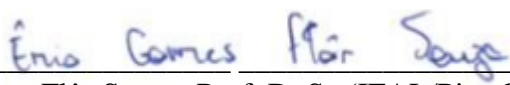
**BANCA EXAMINADORA**

  
Leilson Costa Grangeiro, Prof. D. Sc. (UFERSA)  
Presidente (Orientador)

  
Fábio Henrique Tavares de Oliveira, Prof. D. Sc. (UFERSA)  
Membro Examinador

  
Welder de Araújo Rangel Lopes, D. Sc. (CAPES/UFERSA)  
Membro Examinador

  
Arthur Bernardes Cecílio Filho, Prof. D. Sc. (UNESP/Jaboticabal-SP)  
Membro Examinador

  
Ênio Gomes Flôr Souza, Prof. D. Sc (IFAL/Piranhas-AL)  
Membro Examinador

*À minha mãe, Rita Izaura de Almeida Lacerda,  
que com certeza estaria muito feliz e orgulhosa.*

*A Deus, pela soberana presença em minha vida;  
À minha amada esposa, Ivislaine Queiroga, e ao meu filho, Ian Rodrigo;  
A meu pai, Erinaudo Almeida de Lacerda.*

*DEDICO*

## AGRADECIMENTOS

A *Deus*, por ser minha rocha, minha fonte e meu escudo, pelo amor e pela sua misericórdia e por ter me guiado com sabedoria e amparado nos momentos mais difíceis.

À minha amada esposa, *Ivislanne de Sousa Queiroga Lacerda*, não apenas pela significativa colaboração neste trabalho, mas por fazer parte da minha vida, incentivando, cuidando e fazendo com que as dificuldades fossem vencidas. Obrigado, amor. Conseguímos!

Ao meu pai, *Erinaudo de Almeida Lacerda*, pelos seus ensinamentos. O que sou devo ao senhor. Obrigado por tudo!

Ao meu irmão *Wendell de Almeida Lacerda e família*, que sempre estiveram do meu lado proporcionando-me crescimento na vida acadêmica. Obrigado mesmo!

Aos meus sogros, *Francisco Moura de Queiroga e Idineusa de Sousa Queiroga*, e a meu cunhado, *Francilanno de Sousa Queiroga*, pelo incentivo e por acolher a minha família com tanto amor e dedicação. Sou muito grato a vocês!

Ao Professor *Dr. Leilson Costa Grangeiro*, pela orientação neste trabalho, confiança, amizade e aprendizagem ao longo do curso.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (*UFERSA*) e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia (*PGFITO*), pelo suporte e oportunidade de realização da pós-graduação.

Aos membros da *banca examinadora*, pelas contribuições e enriquecimento da tese com sugestões que serão importantes para minha pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (*CAPES*), pela concessão de bolsa de estudo.

Aos *professores*, que me transmitiram seus conhecimentos, aprimorando os meus. Cada um de vocês foi peça fundamental para que chegasse até aqui. Toda a minha gratidão e respeito!

Aos funcionários do Centro de Pesquisas Vegetais do Semiárido Nordestino (*CPVSA*) da UFERSA, *Bruno Fernandes, Cristiane Noronha, Juliana e Paulo Sérgio*.

Ao grupo de pesquisa em Nutrição e Adubação de Hortaliças, por todos os momentos justos: *Núbia Bertino, Victor Gomes, João Paulo Costa, Fabrício Almeida, Romualdo Cortez, Henrique Nogueira, Anna Kézia, Laíza Gomes, Natali Almeida, Jorge Luiz, Santiago Alves, Ana Paula, Larissa, Régis Vieira, Anderson Alves, Valdívnia Sousa, Priscila Modesto, Jefferson Venâncio e Gerlani Alves*.

Ao amigo *Flávio Pereira* pela sua enorme contribuição na análise econômica desse estudo.

Aos funcionários da Fazenda Experimental da UFERSA: *Flabênio, Sr. Nanan, Sr. Alderi, Pepeta, Sr. Antônio* e em especial o Eng. Agrônomo Dr. *Chagas Gonçalves*, por todo o apoio prestado durante o experimento.

Aos amigos de residência, *Rodrigo, Manoel Leandro* e em especial ao primo *Francisco Terceiro*, pois sua acolhida foi essencial para seguir no sonho do Doutorado.

A todos os que fazem a *1ª Igreja Batista em Pombal - PIB* e a *Sociedade Missionária de Homens Batista* que estiveram comigo em orações. Deus abençoe a cada um de vocês!

Enfim, a *todos* que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desta conquista, pois *a luta é grande, mas a vitória é certa...no nome de Jesus*.

O meu eterno obrigado!

“A ciência sem fé é loucura, e a  
fé sem ciência é fanatismo”.

*(Martinho Lutero)*



## RESUMO

LACERDA, Rodolfo Rodrigo de Almeida. **Adubação com enxofre na cultura da cebola.** 2021. 77f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2021.

O enxofre (S) contribui para o crescimento, produtividade e qualidade da cebola. Responsável pela regulação, assimilação e síntese de aminoácidos necessários para a produção de proteínas, o S é o terceiro ou quarto nutriente em ordem decrescente de acúmulo na cebola. No Brasil, as fontes de S são associadas a misturas de fertilizantes com alta concentração de NPK, que não atendem à demanda de S pela cebola, afetando a produtividade da cultura. Diante disso, objetivou-se avaliar a produtividade, a viabilidade econômica e a qualidade da cebola, adubada com doses de S em condições de campo no semiárido brasileiro. Dois experimentos foram realizados em Mossoró, RN, de junho a novembro de 2018 e de junho a novembro de 2019. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 7, com 14 tratamentos e quatro repetições. Os fatores avaliados foram cultivares (Rio das Antas e IPA 11) e doses de S (0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 kg ha<sup>-1</sup>). A aplicação de 30 a 40 kg ha<sup>-1</sup> de S proporcionou maior produtividade de Rio das Antas e maximização da receita líquida, favorecendo o aumento da porcentagem de bulbos maiores (caixas 3 e 4) e redução dos bulbos menores. Para a cultivar IPA 11 a maior taxa de retorno foi observado ao plicar 10 kg ha<sup>-1</sup> de S, com retorno de 4,4 R\$ a cada real investido. A adubação com S contribuiu para o maior teor e acúmulo do nutriente no bulbo de ambas as cultivares até 30 kg ha<sup>-1</sup>, melhorando a qualidade dos bulbos. O S contribuiu para o aumento da firmeza, acidez titulável e sólidos solúveis dos bulbos da cultivar IPA 11, bem como para a redução da SS/AT da cultivar Rio das Antas. A cultivar IPA 11 fertilizada com 60 kg ha<sup>-1</sup> de S produziu bulbos de pungência muito forte.

**Palavras-chave:** *Allium cepa* L., nutrição mineral, produtividade, qualidade, viabilidade econômica.

## ABSTRACT

LACERDA, Rodolfo Rodrigo de Almeida. **Fertilization with sulfur in the onion crop.** 2021. 77p. Thesis (D.Sc. in Plant Science) – Federal Rural University of the Semi-Arid (UFERSA), Mossoró-RN, 2021.

Sulfur (S) contributes to the growth, productivity and quality of the onion. Responsible for the regulation, assimilation and synthesis of amino acids necessary for the production of proteins, S is the third or fourth in decrease order of onions' accumulation. In Brazil, the sources of S are associated with mixtures of fertilizers with high concentration of NPK, which do not meet the demand for S by the onion, affecting the productivity of the crop. Therefore, the objective was to evaluate the productivity, economic viability and quality of the onion, fertilized with doses of S under field conditions in the Brazilian semiarid region. Two experiments were carried out in Mossoró, RN, from June to November 2018 and from June to November 2019. The experimental design was in randomized blocks in a 2 x 7 factorial scheme, with 14 treatments and four replications. The evaluated factors were cultivars (Rio das Antas and IPA 11) and S doses (0; 10; 20; 30; 40; 50 and 60 kg ha<sup>-1</sup>). The application of 30 to 40 ha<sup>-1</sup> of S provided greater productivity in Rio das Antas and maximized net revenue, favoring an increase in the percentage of larger bulbs (boxes 3 and 4) and a reduction in smaller bulbs. For the cultivar IPA 11, the highest rate of return was observed when applying 10 kg ha<sup>-1</sup> of S, with return of R\$4.4 for every real invested. The fertilization with S contributed to the higher content and accumulation of the nutrient in the bulb of both cultivars up to 30 kg ha<sup>-1</sup>, improving the quality of the bulbs. The S contributed to the increase of firmness, titratable acidity and soluble solids of the bulbs of the cultivar IPA 11, and the reduction of the SS / AT of the cultivar Rio das Antas. The cultivar IPA 11 fertilized with 60 kg ha<sup>-1</sup> of S produced bulbs with "very strong" pungency.

**Keywords:** *Allium cepa* L., nutrition mineral, productivity, quality, economic viability.

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

TABELA 1	Caracterização química e física do solo da área experimental antes da instalação do experimento. Mossoró-RN. UFERSA, 2021.....	24
TABELA 2	Resumo da análise de variância (Teste F) para teor de S na folha de diagnose nutricional (TSFD), produtividade total de bulbos (PTB), produtividade comercial (PCB), produtividade classe 3 (PC3), produtividade classe 4 (PC4), produtividade classe 2 (PC2) e produtividade não comercial (PNC). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	27
TABELA 3	Valores médios de teor de S na folha diagnóstica (TSFD) de cultivares de cebola em função das safras de plantio. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	28
TABELA 4	Valores médios de produtividade total (PTB), produtividade comercial (PCB), produtividade de bulbo classe 3 (PC3) e produtividade de bulbo classe 4 (PC4) de cebola em função de cultivares e doses de S. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	30
TABELA 5	Valores médios de produtividade não comercial (PNC) de cultivares de cebola em função das safras de plantio. Mossoró, RN. UFERSA, 2021..	35
TABELA 6	Custo operacional total (COT) para a produção de 1 hectare de cebola das cultivares Rio das Antas e IPA 11 em duas safras de plantio em função de doses de S. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	36
TABELA 7	Resumo da análise de variância para receita bruta (RB), receita líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	38
TABELA 8	Valores médios de receita bruta (RB), receita líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) em função de cultivares de cebola, doses de S e safras de plantio, Mossoró, RN. UFERSA, 2021....	39

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO II

TABELA 1	Caracterização química e física do solo da área experimental antes da instalação do experimento. Mossoró-RN. UFEERSA, 2021.....	50
TABELA 2	Resumo da análise de variância para matéria seca de folha (MSF), do bulbo (MSB), matéria seca total (MST), acúmulos de S na folha (ASF), no bulbo (ASB) e acúmulo de S total (AST). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	54
TABELA 3	Valores médios de matéria seca da folha (MSF), do bulbo (MSB) e total (MST) em função de cultivares de cebola, doses de S e safras de plantio. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	57
TABELA 4	Valores médios de acúmulo de S na folha (ASF), acúmulo de S no bulbo (ASB) e acúmulo de S total (AST) em função de cultivares de cebola, doses de S e safras de plantio. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	60
TABELA 5	Resumo da análise de variância para as características de firmeza (FIRM), pungência (PUNG), potencial hidrogeniônico (PH), acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) e açúcares solúveis totais (AÇT). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	60
TABELA 6	Valores médios de firmeza (FIRM), relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT), potencial hidrogeniônico (PH) e pungência (PUN), em cultivares de cebola em função das doses de S. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	62
TABELA 7	Valores médios de acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e relação sólidos solúveis acidez titulável (SS/AT), de cultivares de cebola em função das safras de plantio. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	65
TABELA 8	Valores médios de açúcares solúveis totais (AÇT) em função de cultivares de cebola, doses de S e safras de plantio. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	68

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

FIGURA 1	Temperatura e umidade relativa do ar na safra 1 (A) e safra 2 (B), no período de junho a novembro de 2018 e 2019, obtidos de uma estação meteorológica localizada na Fazenda experimental Rafael Fernandes. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	23
FIGURA 2	Teor de S na folha de diagnose nutricional em função das doses de enxofre na cebola Rio das Antas e IPA 11. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	28
FIGURA 3	Produtividade total de bulbos em função das doses de enxofre nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	29
FIGURA 4	Produtividade comercial de bulbos em função das doses de S nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	31
FIGURA 5	Produtividade de bulbos classe 3 em função das doses de S nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	32
FIGURA 6	Produtividade de bulbos classe 4 em função das doses de S nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	33
FIGURA 7	Produtividade de bulbos classe 2 em função das doses de S na safra 1 (A) e safra 2 (B), nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	34
FIGURA 8	Produtividade de bulbos não comercial em função das doses de S. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	34
FIGURA 9	Receita bruta em função das doses de S das cultivares de cebola Rio das Antas (▲) e IPA 11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	39
FIGURA 10	Receita líquida em função das doses de S nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	40
FIGURA 11	Taxa de retorno em função das doses de S nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	41
FIGURA 12	Índice de lucratividade em função das doses de S nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021...	41

## LISTA DE FIGURAS CAPÍTULO II

FIGURA 1	Temperatura e umidade relativa do ar na safra 1 (A) e safra 2 (B), no período de junho a novembro de 2018 e 2019, obtidos de uma estação meteorológica localizado na Fazenda experimental Rafael Fernandes. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	50
FIGURA 2	Matéria seca da folha em função das doses de S na safra 1 (A) e safra 2 (B), nas cultivares de cebola Rio das Antas (◆) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	55
FIGURA 3	Matéria seca do bulbo em função das doses de S na Safra 1 (A) e Safra 2 (B), nas cultivares de cebola Rio das Antas (◆) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	55
FIGURA 4	Matéria seca total do bulbo em função das doses de S na safra 1 (A) e safra 2 (B), nas cultivares de cebola Rio das Antas (◆) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	56
FIGURA 5	Acúmulo de S na folha em função das doses de S na safra 1 (A) e safra 2 (B), nas cultivares de cebola Rio das Antas (◆) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	58
FIGURA 6	Acúmulo de S no bulbo em função das doses de S na safra 1 (A) e safra 2 (B), nas cultivares de cebola Rio das Antas (◆) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	59
FIGURA 7	Acúmulo de S total em função das doses de S na safra 1 (A) e safra 2 (B), nas cultivares de cebola Rio das Antas (◆) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	60
FIGURA 8	Firmeza dos bulbos em função das doses de S cultivares de cebola Rio das Antas (◆) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	62
FIGURA 9	Pungência de bulbos em função das doses de S nas cultivares de cebola Rio das Antas (◆) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	63
FIGURA 10	Potencial hidrogeniônico (pH) de bulbos em função das doses de S nas cultivares de cebola Rio das Antas (◆) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	64
FIGURA 11	Relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) em função das doses de S e safra 1 (●) e safra 2 (▲).....	66
FIGURA 12	Relação sólidos solúveis acidez titulável (SS/AT) em função das doses de S nas cultivares de cebola Rio das Antas (◆) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	67
FIGURA 13	Açúcares totais em função das doses de S nas cultivares de cebola Rio das Antas (◆) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.....	67

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	15
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	18
<b>CAPÍTULO I: PRODUÇÃO E VIABILIDADE ECONÔMICA DA CEBOLA EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO COM NXOFRE</b> .....	20
<b>RESUMO</b> .....	20
<b>ABSTRACT</b> .....	21
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	22
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	23
2.1 Localização e caracterização da área experimental.....	23
2.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	24
2.3 Implantação e condução dos experimentos.....	24
2.4 Variáveis analisadas.....	25
2.5 Análise econômica.....	26
2.6 Análise estatística.....	26
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	27
3.1 Teor de S na folha diagnóstica e produtividade.....	27
3.2 Análise econômica.....	35
3.2.1 Custo de produção.....	35
3.2.2 Renda bruta, renda líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade.....	38
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	42
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	43
<b>CAPÍTULO II: QUALIDADE DA CEBOLA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO COM ENXOFRE</b> .....	47
<b>RESUMO</b> .....	47
<b>ABSTRACT</b> .....	48
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	49
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	50
2.1 Localização e caracterização da área experimental.....	50
2.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	51
2.3 Implantação e condução do experimento.....	51
2.4 Variáveis analisadas.....	52
2.4.1 Matéria seca e acúmulo de S.....	52
2.4.2 Qualidade da cebola.....	52
2.5 Análise estatística.....	53
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	54
3.1 Matéria seca e acúmulo de S na planta.....	54
3.2 Qualidade dos bulbos de cebola.....	61
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	69
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	70

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma espécie vegetal herbácea, pertencente à família Alliaceae e, possivelmente, nativa da Ásia Central. É cultivada como anual para a produção de bulbos. O bulbo, comestível, varia quanto à cor, tamanho, firmeza e pungência. Apresenta teores elevados de carboidratos, baixos teores de proteínas e quantidades razoáveis de riboflavina e cálcio. O bulbo é rico em vitaminas A, B e C, podendo ser consumido *in natura*, cozido ou em conserva (FRITSCH; FRIESEN, 2002; AKHTAR, 2015; MOLLAVALI et al. 2016).

A cebola está entre as três hortaliças mais cultivadas no mundo (FAOSTAT, 2020), sendo os maiores produtores a China, Índia e USA. Em 2019, o Brasil produziu 1.556.885 toneladas de cebolas, cultivadas em 48.146 hectares (FAOSTAT, 2020). Na região Nordeste brasileira, a adaptabilidade de cultivares e as condições edafoclimáticas propícias permitem o plantio da cultura durante todo o ano, levando a atividade a alcançar 18,8% do total da produção nacional. Os Estados da Bahia, Pernambuco e Rio Grande do Norte destacam-se por sua produção, somando mais de 140 mil toneladas, ou seja, 48,3% da produção da região Nordeste (IBGE, 2017).

A cultura da cebola é exigente em enxofre (S), podendo chegar a ser o terceiro ou quarto nutriente mais acumulado, diferindo-a da maioria das espécies. Backes et al. (2018) obtiveram acúmulo máximo de potássio (K), seguido de nitrogênio (N), cálcio (Ca) e S (521,6; 465,7; 253,3 e 109,0 mg planta<sup>-1</sup>, respectivamente).

As funções do S estão relacionadas ao metabolismo da planta, agindo na regulação, assimilação e síntese de aminoácidos como a cistina, metionina e cisteína, que fazem parte de todas as proteínas vegetais. Além de ser precursor de compostos sulfurados voláteis, atuam no processo fotossintético e respiratório de elétrons por aglomeração de ferro-enxofre, tornando este elemento essencial para o crescimento, produtividade e qualidade da cebola (FORNEY et al., 2010; AGHAJANZADEH et al., 2016).

Na planta, os sintomas de carência de S são parecidos com os de nitrogênio, ambos causando amarelecimento e clorose nas folhas. No caso do S, a deficiência ocorre em folhas novas, ao passo que no nitrogênio ocorre em folhas velhas (DUKE; REISENAUER, 1986; RESURRECCION et al., 2001; PAULA et al., 2002). A deficiência na síntese de cisteína e metionina causa decréscimo nos conteúdos de clorofila e ribulose-bisfosfato carboxilase e, conseqüentemente, redução da fotossíntese e do crescimento das plantas.



No bulbo, a deficiência de S é observada na redução da massa e na qualidade da cebola, como, por exemplo, na regularização da pungência, uma vez que esta é dominada por uma série de compostos orgânicos provenientes do ácido sulfúrico ativado biologicamente (SCHUNEMANN et al., 2006), ao mesmo tempo em que a enzima alinase, catalisadora dessas reações, fica acondicionada no vacúolo celular, ao passo que os precursores do sabor estão contidos no citoplasma, provavelmente em pequenas vesículas. Quando as células se rompem, os ácidos sulfênicos sofrem rearranjos espontâneos, produzindo amplo espectro de compostos voláteis (piruvato, amônia e enxofre) fortemente aromáticos (RANDLE, 1997; SCHUNEMANN et al., 2006).

A deficiência de S ainda pode provocar aumento da suscetibilidade a problemas fitossanitários. Deste modo, para adequado crescimento e desenvolvimento da cultura, é necessário que o teor de S na folha de avaliação do estado nutricional esteja entre 5 a 8 g kg<sup>-1</sup> na matéria seca da cebola, conforme Trani; Breda Júnior; Factor (2014).

Há vários estudos sobre o potencial produtivo e qualitativo de cultivares de cebolas condicionadas à fertilização do solo. No entanto, pesquisas sobre o efeito do S na produtividade e qualidade pós-colheita da cultura são escassos. Não obstante a isso, a escassez de informação sobre a demanda nutricional de S na cebola justifica a necessidade de intensificar seus estudos.

O desempenho de cultivares de cebola quanto à eficiência de utilização do S mostra-se distinto. Diante da importância e crescente demanda do mercado consumidor, o uso de tecnologias como sementes híbridas, que produzem plantas vigorosas e com alta produtividade de bulbos, abre-se caminho para que o produto chegue à mesa com boa qualidade.

O baixo teor de S nas misturas de fertilizantes com alta concentração de NPK e a escassez de informações sobre a necessidade nutricional da cebola justificam a aplicação de doses maiores para garantir aproveitamento. Para melhorar o rendimento, segundo Trani; Breda Júnior; Factor (2014), é necessário aplicar 30 a 60 kg ha<sup>-1</sup> de S junto com o NPK em pré-plantio. No entanto, o investimento no aumento da adubação sulfatada precisa ser transformado não apenas em aumento na produção, mas também garantir a integridade física e a qualidade dos bulbos.

Em solo brasileiro, com baixo teor de S, Souza et al. (2015) observaram ganhos produtivos e de qualidade da cebola Perfecta. Ao aplicar 45 kg ha<sup>-1</sup> de S, foi atingida produtividade máxima de 78 t ha<sup>-1</sup>.

Na Índia, Jain et al. (2014) verificaram que a aplicação de S aumentou o teor de sólidos solúveis (14,31%), ácido pirúvico (1,72 μ mole g<sup>-1</sup>) e maior produtividade de bulbos

(50,9 kg ha<sup>-1</sup>) quando aplicada a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de S. O incremento na produtividade chegou a 22,91% em comparação à testemunha (15 kg ha<sup>-1</sup> de S).

A combinação entre cultivares com alto rendimento e resposta à adubação com S, além do fornecimento adequado deste nutriente podem maximizar os aspectos produtivos, econômicos e de qualidade da cebola. Deste modo, o trabalho objetivou avaliar a produtividade, a viabilidade econômica e a qualidade da cebola, adubada com doses de enxofre em condições de campo no Semiárido brasileiro.

## REFERÊNCIAS

- AGHAJANZADEH, T. A.; HAWKESFORD, M. J.; DE KOK L. J. Atmospheric H<sub>2</sub>S and SO<sub>2</sub> as sulfur sources for *Brassica juncea* and *Brassica rapa*: Regulation of sulfur uptake and assimilation. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdã, v. 124, p. 1-10, 2016.
- AKHTAR, S. H. I. R. I. N. Advances in conventional breeding approaches for postharvest quality improvement in vegetables. **Postharvest Biology and Technology of Horticultural Crops: Principles and Practices for Quality Maintenance**, p. 141–176. 2015.
- BACKES, C.; BÔAS, R. L. V.; GODOY, L. J. G.; VARGAS, P. F.; SANTOS, A. J. M. Determination of growth and nutrient accumulation in bella vista onion, **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 1, p. 246-254, 2018.
- DUKE, S. H.; REISENAUER, H. M. Roles and requirements of sulfur in plant nutrition. In: BEATON, J. D.; FOX, R. L.; TABATABAI, M. A. (org.). **Sulfur in agriculture**. Madison: ASA: CSSA: CSSA. 1986. p. 123- 168.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020. Disponível em: <[www.fao.org/faostat/en/#compare](http://www.fao.org/faostat/en/#compare)>. Acesso em: 14 dez. 2020.
- FORNEY, C. F.; JORDAN, M. A.; CAMPBELL-PALMER, L.; FILLMORE, S.; MCRAE, K.; BEST, K. Sulfur fertilization affects onion quality and flavor chemistry during storage. **Acta Horticulturae**, Milan, v. 877, n. 1, p. 163-168, 2010.
- FRITSCH, R. M.; FRIESEN, N. Evolution, Domestication and Taxonomy. In: RABINOWITCH, H. D.; CURRAH, L. (org.). **Allium Crop Science: Recent Advances**. Wallingford, Oxfordshire, UK: CABI Publishing, 2002. p. 5-30.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agro Produção 2017**. Disponível em: <[https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/agricultura.html](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html)>. Acesso em: 14 dez. 2020.
- JAIN, G.; KUSHWAH, S. S.; SINGH, O. P.; VERMA, K. S. Effect of different doses of nitrogen and sulphur on growth, yield and quality of onion (*Allium cepa*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, Índia, v. 86, n. 11, p. 1352–1357, 2014.
- MOLLAVALI, M.; BOLANDNAZAR, S. A.; SCHWARZ, D.; ROHN, S.; RIEHLE, P.; NAHANDI, Z. F. Flavonol glucoside and antioxidant enzyme biosynthesis affected by mycorrhizal fungi in various cultivars of onion (*Allium cepa* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 64, n. 1, p. 71–77. 2016.
- PAULA, M. B.; PÁDUA, J. G.; FONTES, P. C. R.; BERTONI, J. C. Produtividade, qualidade de bulbos de cebola e teores de nutrientes na planta e no solo influenciados por fontes de potássio e doses de gesso. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 49, n. 283, p. 231-244, 2002.
- RANDLE, W. M. Onion flavor chemistry and factors influencing flavor intensity. **ACS Symposium Series**, Washington, v.660, n. 1, p. 41-52, 1997.

RESURRECCION, A. P.; MAKINO, A.; BENNETT, I.; MAE, T. Effects of s ulfur nutrition on the growth and photosynthesis of rice. **Soil Science and Plant Nutrition**, Kyoto, v. 47, p. 611-620, 2001.

SCHUNEMANN, A. P.; TREPTOW, R.; LEITE, D. L.; VENDRUSCOLO, J. L. Pungência e características químicas em bulbos de genótipos de cebola (*Allium cepa* L.) cultivados no Alto Vale do Itajaí. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 1, p. 77-80, 2006.

SOUZA, L. F. G.; FILHO, A. B. C.; DETULIO, F. A.; NOWAKI, R. H. D. Effect of sulphur dose on the productivity and quality of onions. **Australian Journal of Crop Sciences**, v. 9, n. 8, p. 728-733, 2015.

TRANI, P. E.; BREDA JÚNIOR, L. M.; FACTOR, T. L. Calagem e aduba o da cebola (*Allium cepa* L.). **Instituto Agronômico de Campinas**, São Paulo, p. 1-35, 2014.

## CAPÍTULO 1

### PRODUÇÃO E VIABILIDADE ECONÔMICA DA CEBOLA EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO COM ENXOFRE

**RESUMO:** O cultivo da cebola na região Nordeste vem ganhando destaque devido às condições edafoclimáticas favoráveis e a utilização de tecnologias adequadas, como irrigação por gotejamento, fertirrigação, semeadura direta e cultivo adensado. No entanto, o aumento no custo de produção, a oscilação de preços no mercado e a supressão de enxofre (S) nas formulações de fertilizantes apresentam-se como um risco para o produtor, afetando negativamente a produtividade e a receita da cultura. Nesse sentido, objetivou-se avaliar os aspectos produtivos e econômicos de duas cultivares de cebola, adubadas com doses de S. Foram conduzidos dois experimentos, no período de junho a novembro de 2018 e de junho a novembro de 2019, ambas em Mossoró, RN. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 7, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de duas cultivares de cebola (Rio das Antas e IPA 11) e sete doses de S (0; 10; 20; 30; 40; 50 e 60 kg ha<sup>-1</sup>). Foram avaliados: teor de S na folha diagnóstica; produtividade total de bulbos; produtividade comercial de bulbos; produtividade de bulbos não comerciais; produtividade de bulbos das classes 2, 3 e 4; os custos operacionais totais (COT), receita bruta, receita líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade. Independentemente da cultivar empregada, os gastos com insumos somam as maiores despesas em relação ao COT. A cultivar Rio das Antas foi mais eficiente na utilização do S, alcançando maiores produtividade de bulbos e receita líquida. O fornecimento de 34 kg ha<sup>-1</sup> proporcionou máximas produtividades total, comercial e receita líquida para a cultivar Rio das Antas. A aplicação de S não influenciou na produtividade da cultivar IPA 11, exceto na classe 2, sobressaindo da cultivar Rio das Antas. A maior receita líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade da cultivar IPA 11 foram observados na dose de 10 kg ha<sup>-1</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Allium cepa* L., nutrição mineral, produtividade, custo operacional total.

## **PRODUCTION ONION AND ECONOMIC VIABILITY IN RESPONSE TO SULFUR FERTILIZATION**

### **ABSTRACT**

The cultivation of onion in the Northeast region has been gaining prominence due to the favorable edaphoclimatic conditions and the use of technology. However, the increase in production costs, price fluctuations in the market and the suppression of sulfur (S) in fertilizer formulations constitute as a risk for the producer, negatively affecting productivity and crop revenue. In this sense, the objective was to evaluate the productive and economic aspects of two onion cultivars fertilized with doses of S. Two experiments were carried out from June to November 2018 and from June to November 2019, both in Mossoró - RN. The experimental design used was in randomized blocks in a 2 x 7 factorial scheme, with four replications. The treatments consisted of a combination of two onion cultivars (Rio das Antas and IPA 11) and doses of S (0; 10; 20; 30; 40; 50 and 60 kg ha<sup>-1</sup>). The following were evaluated: S content in the diagnostic sheet; total bulb productivity; commercial lamp productivity; productivity of non-commercial lamps; bulb productivity of classes 2, 3 and 4; total operating costs: gross revenue, net revenue, rate of return and profitability index. Regardless of the cultivar used, input costs add up to higher expenses compared to COT. The cultivar Rio das Antas was more efficient in the use of S, achieving greater bulb productivity and net revenue. The supply of 34 kg ha<sup>-1</sup> provided maximum total, commercial and net revenue for the cultivar Rio das Antas. The application of S did not influence the productivity of the cultivar IPA 11, except in class 2, standing out from the cultivar Rio das Antas. The highest net revenue, rate of return and profitability index of the cultivar IPA 11 were observed at a dose of 10 kg ha<sup>-1</sup>.

**KEY WORDS:** *Allium cepa* L, mineral nutrition, productivity, total operating cost.

## 1. INTRODUÇÃO

A cebola (*Allium cepa* L.) destaca-se mundialmente pela quantidade produzida e volume consumido (MUHAMMAD et al., 2017). No Brasil, ocupa a terceira posição em importância econômica, com produção em 2019 de 1.556.885 toneladas e área plantada de 48.494 ha (FAOSTAT, 2020). Em condições edafoclimáticas adequadas e emprego de tecnologia, a produtividade na região Nordeste pode chegar a 80 t ha<sup>-1</sup>. Porém, o aumento no custo de produção e as flutuações de preços podem configurar um risco ao produtor.

O papel do enxofre (S) na cebola consiste em regular, assimilar e sintetizar aminoácidos necessários para a produção de proteínas. Atua ainda no processo fotossintético e respiratório de elétrons por aglomeração de ferro-enxofre, tornando o S essencial no crescimento e rendimento da cebola (FORNEY et al., 2010; AGHAJANZADEH et al., 2016).

A baixa taxa de S afeta a produção e o tamanho do bulbo. Para minimizar esses riscos, a aplicação do S em concentrações mais elevadas tem garantido produtividade desejáveis, uma vez que o custo da adição extra do nutriente é relativamente baixo ao comparar com o custo total de produção (TRANI; BREDA JÚNIOR; FACTOR, 2014).

O uso de S em cebola tem sido discutido principalmente pela sua supressão nas formulações minerais e a escassez de informações sobre a exigência pela cultura. Não obstante a isso, o alto custo dos insumos e as flutuações nos preços pagos ao produtor representam as causas de insucesso na atividade. Algumas análises têm sido feitas em função dos custos e rendimentos da cebola (PAUL et al., 2007; ULLAH et al., 2008; HUNGER, 2013; MISHU et al., 2013; ABDELKADER ABOU AZOOM et al., 2014; MAGRAY et al., 2017; CHATTOO et al., 2019; PRZYGOCKA-CYNA et al., 2020; NIVETHA et al., 2020).

No Brasil, as fontes de S mais utilizadas são o superfosfato simples (10% de S) e sulfato de amônio (22% de S), os quais, por sua vez, são associados a misturas de fertilizantes com alta concentração de NPK. Dessa forma, a demanda de S pela cebola não é atendida e a produtividade é afetada de forma negativa (KUNZ et al. 2009; BROCH et al. 2011). Mondal et al. (2020), aplicando S em solo ácido, na Índia, observaram que doses de S na faixa de 30 a 50 kg ha<sup>-1</sup> proporcionaram maior produtividade à cebola. Rathod et al. (2020) ressaltaram que a deficiência de S tem efeito negativo sobre o crescimento e a produção dessa hortaliça.

Portanto, a exigência da cebola pelo S, a supressão desse nutriente nas formulações minerais e a falta de informações técnicas justificam a pesquisa. Nesse contexto, objetivou-se avaliar os aspectos produtivos e econômicos da produção de cebola em função da adubação com S no semiárido potiguar.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização e características da área experimental

Os experimentos foram realizados na Fazenda Experimental Rafael Fernandes da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada no distrito de Alagoinha, zona rural do município de Mossoró – RN ( $5^{\circ}3'33''$  Sul,  $37^{\circ}23'50''$  Oeste e altitude de 72 m), nos períodos compreendidos entre junho e novembro de 2018 (Safrá 1, S1) e no mesmo período em 2019 (Safrá 2, S2).

O clima local, segundo a Classificação de Köppen, é do tipo BSh (ALVARES et al., 2013), caracterizado como sendo seco e muito quente, com duas estações climáticas: uma chuvosa que compreende os meses de fevereiro a maio, e outra seca, que vai de junho a janeiro. As precipitações pluviométricas anuais são em torno de 674 mm. As médias de temperaturas e umidade relativa durante a condução dos experimentos são apresentadas nas Figuras 1A e 1B. Durante a condução dos experimentos, foram registrados índices pluviométricos de 34,4 e 31,4 mm para S1 e S2, respectivamente.

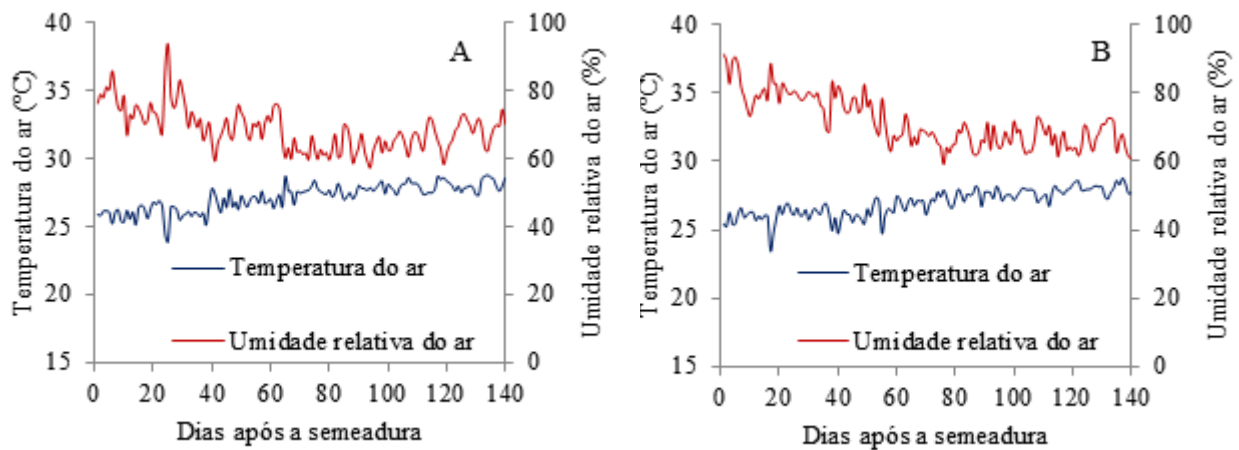


Figura 1. Temperatura e umidade relativa do ar na safrá 1 (A) e safrá 2 (B), no período de junho a novembro de 2018 e 2019, obtidos de uma estação meteorológica localizada na Fazenda Experimental Rafael Fernandes. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2013). Foi realizada a amostragem de solo na profundidade 0-20 cm, e os resultados são apresentados na Tabela 1.



Tabela 1. Caracterização química e física do solo da área experimental antes da instalação do experimento. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

Safra	pH (H <sub>2</sub> O)	MO g kg <sup>-1</sup>	P <sup>1</sup>	K <sup>+</sup>	S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al)	Areia	Silte	Argila
			----- mg dm <sup>-3</sup> -----	----- mg dm <sup>-3</sup> -----	----- cmolc dm <sup>-3</sup> -----	----- cmolc dm <sup>-3</sup> -----	----- cmolc dm <sup>-3</sup> -----	----- g kg <sup>-1</sup> -----	----- g kg <sup>-1</sup> -----	----- g kg <sup>-1</sup> -----		
S1	4,80	5,59	5,00	76,00	4,00	0,41	0,13	0,10	1,57	900	40	60
S2	4,90	5,57	1,30	42,30	6,00	0,40	0,60	0,15	0,99	900	30	70

<sup>1</sup>Extrator Melich 1; pH: potencial hidrogeniônico; MO: matéria orgânica; H+Al: acidez potencial.

## 2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 7, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de duas cultivares de cebola (Rio das Antas e IPA 11) e sete doses de S (0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 kg ha<sup>-1</sup>). Cada parcela experimental foi constituída por um canteiro medindo 3,0 m de comprimento por 1,0 m largura e altura de 0,20 m, com oito fileiras de plantas, no espaçamento de 0,10 m x 0,06 m. Utilizou-se como área útil as seis fileiras centrais, descartando as duas plantas de cada extremidade das fileiras.

O híbrido Rio das Antas caracteriza-se por boa adaptação ao cultivo adensado, além de alto vigor de plantas. É uma cultivar de dias curtos e com ciclo entre 120 a 150 dias, destacando-se pela alta produtividade de bulbos e excelente rendimento de caixa 3. Seus bulbos são uniformes, de formato grano e com pouca pungência.

A cultivar IPA 11 apresenta bulbos globulosos, porém com elevada pungência; é uma cultivar de dias curtos, com ciclo entre 110 e 130 dias, ótimo desempenho agrônomico e boa conservação pós-colheita; a produtividade varia de 30 a 90 t ha<sup>-1</sup>.

## 2.3 Implantação e condução dos experimentos

O preparo do solo constou de aração e gradagem, seguidas do levantamento dos canteiros de forma mecanizada. A adubação de plantio foi realizada com 210 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (SILVA, 2018) na forma de superfosfato triplo, aplicado a lanço no canteiro e incorporado a 5 cm de profundidade.

As adubações de cobertura foram via fertirrigação, semanalmente, iniciando-se aos 21 dias após a semeadura (DAS) (Apêndice 1), utilizando-se o total de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, 200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 50 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, e 14 kg ha<sup>-1</sup> de Mg (GONÇALVES, 2019a; 2019b). O S foi aplicado de acordo com os tratamentos, utilizando como fontes o sulfato de amônio e o sulfato de potássio, via fertirrigação. Como fonte de micronutrientes, foi aplicado em

cobertura 1,62 kg ha<sup>-1</sup> do produto comercial Rexolin®, conforme recomendação de Trani; Breda Júnior; Factor (2014).

A semeadura foi realizada manualmente, colocando-se duas a três sementes por cova de dois centímetros de profundidade. O desbaste foi realizado aos 20 DAS, deixando uma planta por cova.

O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento, com quatro fitas gotejadoras por canteiro, espaçadas entre si em 0,20 m, com gotejadores a cada 0,30 m e vazão média de 1,5 L h<sup>-1</sup>. As irrigações foram realizadas diariamente, com lâminas aplicadas com base na evapotranspiração da cultura (ALLEN et al., 2006), aplicando-se 922,44 e 946,90 mm ha<sup>-1</sup> nas safras 1 e 2, respectivamente. A água utilizada na irrigação apresentou as seguintes características: pH = 7,1; CE = 0,61 dS m<sup>-1</sup>; 0,65; 1,73; 2,50; 1,90; 1,60; 0,0 e 4,00 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> de K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Cl<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>-2</sup> e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, respectivamente, e RAS de 1,2 (mmol L<sup>-1</sup>)<sup>0,5</sup>.

Durante o experimento, foi realizado o controle das plantas daninhas com capinas manuais e aplicação de inseticida do grupo Clorfenapir (Pirate®), para o controle de tripes e ácaros, na dose de 750 mL p. c ha<sup>-1</sup>, em duas aplicações nos dias 04 e 16 de setembro na S2.

A irrigação foi suspensa aos 123 (safra 1) e 122 DAS (safra 2), quando 70% das plantas encontravam-se tombadas, dando início ao processo de cura. Após 22 (S1) e 14 (S2) dias da suspensão da irrigação, os bulbos foram colhidos e limpos, eliminando-se as folhas e raízes.

## 2.4 Variáveis analisadas

Para analisar o teor de S na folha de diagnose nutricional (TSFD, g kg<sup>-1</sup>), foram coletadas as folhas mais altas de 20 plantas da área útil da parcela, aos 60 DAS, para ambas as safras 1 e 2, aproximadamente na metade do ciclo da cultura (MALAVOLTA et al., 1989). As amostras foram lavadas em água destilada e secas em estufa com ventilação forçada a 65 °C, até atingir massa constante. A extração do S foi realizada por meio da digestão nítrica em forno micro-ondas, conforme metodologia proposta pela EMBRAPA (2009), e o teor de S foi determinado segundo Malavolta et al. (1997)

A classificação de bulbos foi realizada em função do diâmetro transversal, de acordo com as normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (BRASIL, 1995) em: classe 1 (bulbos com diâmetro < 35 mm e bulbos duplos); classe 2 (PC2 - bulbos com diâmetro entre 35-50 mm); classe 3 (PC3 - bulbos com diâmetro entre 50-75 mm); classe 4 (PC4 - bulbos com diâmetro entre 75-90 mm).

A produtividade de bulbos comerciais (PBC,  $t\ ha^{-1}$ ) foi obtida a partir do peso total de bulbos com diâmetro  $> 35\ mm$ ; não comerciais (PNC,  $t\ ha^{-1}$ ), bulbos com diâmetro  $< 35\ mm$ ; e totais (PTB,  $t\ ha^{-1}$ ), que representa a soma de PBC e PNC.

## 2.5 Análise econômica

Para determinação do custo operacional total (COT) para a produção de um hectare de cebola, adaptou-se a metodologia proposta pela CONAB (2010), considerando desembolsos realizados pelo produtor durante o ciclo produtivo da cultura, englobando despesas com mão de obra, insumos (fertilizantes, defensivos agrícolas e outros), além de despesas administrativas, assistência técnica, imposto territorial rural (ITR), juros de financiamento, custos fixos (depreciação e manutenção de máquinas e benfeitorias) e remuneração sobre capital fixo e do arrendamento. Os valores unitários de cada item foram referentes ao mês de junho de cada ano. O custo de mão de obra foi calculado a partir do valor da diária paga aos trabalhadores rurais de Mossoró-RN.

Em relação aos juros do financiamento, foram usados valores postos nos Planos Safra da Agricultura Familiar, correspondentes a 2,5 e 3,0% ao ano para S1 e S2, respectivamente (BNB, 2020). As despesas administrativas representam 3% do custeio de uma lavoura e a assistência técnica, 2% (CONAB, 2020), estimadas durante a condução dos experimentos.

A receita bruta (RB,  $R\$ ha^{-1}$ ) foi obtida pelo produto entre a produção e o preço pago no kg da cebola comercial:  $R\$ 1,00\ kg^{-1}$  (S1) e  $R\$ 0,90\ kg^{-1}$  (S2). A receita líquida (RL,  $R\$ ha^{-1}$ ) foi calculada pela diferença entre a receita bruta da produção e o COT, ambos estimados para um hectare de área efetiva de canteiro, equivalente a  $6.000\ m^2$ . O cálculo da taxa de retorno (TR) foi obtido pela razão entre a RB e o COT, expressando o capital obtido em cada real investido. Para a avaliação do índice de lucratividade, usou-se a razão entre RL e RB.

## 2.6 Análise estatística

Os dados do experimento foram submetidos à análise de variância pelo teste de F, a 5% de probabilidade. Para comparar as duas safras, foi aplicada análise conjunta a partir da avaliação da homogeneidade de variância entre os dados de cada safra. Quando observado efeito significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A análise de regressão se deu para o fator quantitativo, usando o Programa SISVAR v5.3 (FERREIRA, 2011).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Teor de S na folha diagnóstica e produtividade

A interação entre os fatores safras, cultivares de cebola e doses de S foi significativa para a PC2 (Tabela 2). Para a PTB, PCB, PC3 e PC4, houve efeito significativo das interações para cultivares e doses. Foi significativa também a interação safra e cultivares para a PC4, PNC e TSFD, sendo que o TSFD e PNC também foram influenciadas de forma isolada pelas doses de S.

Tabela 2. Resumo da análise de variância (Teste F) para teor de S na folha de diagnose nutricional (TSFD), produtividade total de bulbos (PTB), produtividade comercial (PCB), produtividade classe 3 (PC3), produtividade classe 4 (PC4), produtividade classe 2 (PC2) e produtividade não comercial (PNC). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

FV	GL	Quadrados médios						
		TSFD	PTB	PCB	PC3	PC4	PC2	PNC
Bloco (Safra)	6	0,10 <sup>ns</sup>	95,22 <sup>ns</sup>	121,75 <sup>ns</sup>	69,88 <sup>ns</sup>	7,99 <sup>ns</sup>	6,00 <sup>ns</sup>	1,28 <sup>ns</sup>
Safra (S)	1	16,4 <sup>**</sup>	4636,54 <sup>**</sup>	3150,32 <sup>**</sup>	130,05 <sup>ns</sup>	1702,81 <sup>**</sup>	1,23 <sup>ns</sup>	98,55 <sup>**</sup>
Cultivar (C)	1	2,1 <sup>**</sup>	15197,19 <sup>**</sup>	13425,26 <sup>**</sup>	2244,39 <sup>**</sup>	7880,06 <sup>**</sup>	568,12 <sup>**</sup>	23,83 <sup>**</sup>
Dose de S (D)	6	2,2 <sup>**</sup>	367,97 <sup>**</sup>	340,97 <sup>**</sup>	135,43 <sup>ns</sup>	121,22 <sup>**</sup>	6,86 <sup>ns</sup>	1,71 <sup>*</sup>
S x C	1	1,82 <sup>**</sup>	118,70 <sup>ns</sup>	49,90 <sup>ns</sup>	203,93 <sup>ns</sup>	471,29 <sup>**</sup>	3,91 <sup>ns</sup>	3,87 <sup>*</sup>
S x D	6	0,20 <sup>ns</sup>	33,65 <sup>ns</sup>	41,72 <sup>ns</sup>	32,74 <sup>ns</sup>	15,69 <sup>ns</sup>	10,37 <sup>*</sup>	1,32 <sup>ns</sup>
C x D	6	0,15 <sup>ns</sup>	395,30 <sup>**</sup>	367,26 <sup>**</sup>	165,54 <sup>*</sup>	128,15 <sup>**</sup>	4,64 <sup>ns</sup>	1,05 <sup>ns</sup>
S x C x D	6	0,13 <sup>ns</sup>	27,75 <sup>ns</sup>	29,47 <sup>ns</sup>	9,62 <sup>ns</sup>	22,03 <sup>ns</sup>	17,92 <sup>**</sup>	1,50 <sup>ns</sup>
CV (%)	-	14,72	10,00	10,50	13,45	34,54	18,07	33,66

FV - fonte de variação; GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; \*Significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade e <sup>ns</sup>Não significativo.

O TSFD aumentou de forma linear com as doses de S (Figura 2), atingindo máxima de 2,8 g kg<sup>-1</sup>, na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de S. O incremento foi de 47,2% em comparação à ausência da adubação com S.

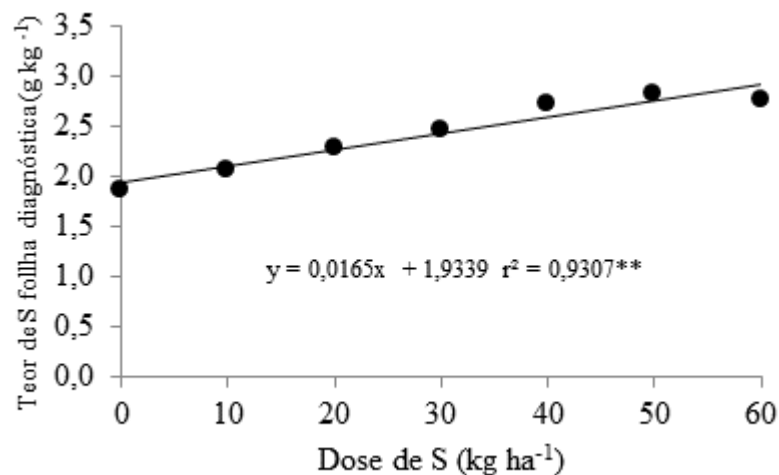


Figura 2. Teor de S na folha de diagnose nutricional em função das doses de enxofre na cebola Rio das Antas e IPA 11. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

Os TSFD ficaram abaixo da faixa adequada, que, segundo Trani; Breda Júnior; Factor (2014), varia de 5 a 8 g kg<sup>-1</sup> de S. No entanto, não foram verificados sintomas de deficiência em nenhum dos tratamentos. O baixo teor de S pode estar relacionado à forma de aplicação, velocidade de absorção pelas plantas, disponibilidade do nutriente no solo, dentre outros fatores (MALAVOLTA et al., 1989; BARKER; PILBEAM, 2015).

As maiores médias de TSFD foram observadas na S2, diferenciando significativamente da S1 para ambas as cultivares (Tabela 3). O maior teor de S (6,0 mg dm<sup>-3</sup>) encontrado no solo na S2 (Tabela 1) pode ter contribuído com esses resultados. Com relação às cultivares, não houve diferença significativa, exceto na S2, em que a cultivar Rio das Antas obteve maior média (3,07 g kg<sup>-1</sup>) que a IPA 11 (2,55 g kg<sup>-1</sup>).

Tabela 3. Valores médios de teor de S na folha diagnóstica (TSFD) de cultivares de cebola em função das safras de plantio. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

Cultivares	Teor de S na folha diagnóstica (g kg <sup>-1</sup> )	
	Safras	
	1	2
Rio das Antas	2,06 bA <sup>1</sup>	3,07 aA
IPA 11	2,04 bA	2,55 aB

<sup>1</sup>Para cada característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A PTB em função das doses de S, na cultivar Rio das Antas, ajustou-se ao modelo de regressão quadrática, com aumento até a dose estimada de 33,62 kg ha<sup>-1</sup> de S, estimando-se 104,69 t ha<sup>-1</sup> de bulbos (Figura 3). O incremento da PTB na cultivar Rio das Antas foi de 30,86% em comparação à ausência de adubação com S. Doses superiores à estimada

apresentaram diminuição da produtividade da cebola Rio das Antas em 22,80%. Para a cultivar IPA 11, não houve ajuste de modelo de regressão, apresentando valor médio de 72,32 t ha<sup>-1</sup> (Figura 3).

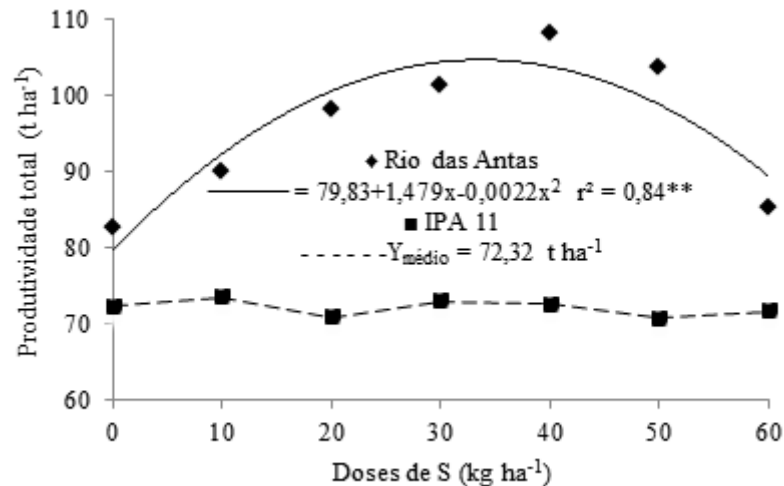


Figura 3. Produtividade total de bulbos em função das doses de enxofre nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

Os maiores valores observados nas condições em que foram desenvolvidos estes experimentos foram superiores à produtividade média brasileira (31,95 t ha<sup>-1</sup>) (FAOSTAT, 2020) e da região Nordeste (28,00 t ha<sup>-1</sup>) (IBGE, 2017). As condições climáticas favoráveis da região, a baixa incidência de pragas e doenças e o uso de tecnologias como cultivares híbridas, semeadura direta e adensada, associadas à irrigação por gotejamento e fertirrigação, contribuíram para o bom desempenho da cultura e elevada produtividade.

O decréscimo observado na PTB e PCB (Figuras 3 e 4), a partir das doses estimadas, está relacionado à lei do rendimento decrescente, segundo a qual, com base em uma dose máxima estimada, a adubação não responde mais ao aumento da produtividade, o que também foi observado por Paula et al. (2002), porém com doses superiores a 58 kg ha<sup>-1</sup> de S na cebola Baía Periforme.

Os incrementos na produtividade da cebola com a aplicação de S corroboram com os resultados obtidos por Souza et al. (2015), que observaram aumento na produtividade até a dose de 45 kg ha<sup>-1</sup>, obtendo-se 79 t ha<sup>-1</sup>, em solo argiloso com baixo teor de S. Chattopadhyay et al. (2015) relataram ganhos significativos na produtividade de bulbos com incremento de 78,27% aplicando 30 kg ha<sup>-1</sup> de S. Pradhan et al. (2015) observaram incremento de 47,19% na produtividade total de bulbos com o fornecimento das doses de 30 a 45 kg ha<sup>-1</sup> do nutriente em comparação à não aplicação de S.

O híbrido Rio das Antas foi superior à cebola IPA 11, não só na PTB, como também na PCB, PC3 e PC4 em todas as doses de S, exceto na dose 0 kg ha<sup>-1</sup> para PCB e 0; 10 e 60 kg ha<sup>-1</sup> para PC3 (Tabela 4). O vigor híbrido, o elevado padrão genético, boa tolerância ao adensamento, aliados às condições climáticas e de manejo adequados, provavelmente contribuíram para esses resultados, proporcionando elevadas produtividades. Para May et al. (2007), a procura de híbridos pelos produtores de cebola tem aumentado, principalmente devido à superioridade agrônômica desses em comparação às cultivares de polinização aberta.

Tabela 4. Valores médios de produtividade total (PTB), produtividade comercial (PCB), produtividade de bulbo classe 3 (PC3) e produtividade de bulbo classe 4 (PC4) de cebola em função de cultivares e doses de S. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

Doses de S (kg ha <sup>-1</sup> )	PTB (t ha <sup>-1</sup> )		PCB (t ha <sup>-1</sup> )		PC3 (t ha <sup>-1</sup> )		PC4 (t ha <sup>-1</sup> )	
	Rio das Antas	IPA 11	Rio das Antas	IPA11	Rio das Antas	IPA11	Rio das Antas	IPA 11
0	82,72a	72,58b	79,37a	70,30a	52,46a	53,98a	11,60a	3,21b
10	89,99a	73,77b	87,29a	71,85b	62,26a	56,21a	15,25a	3,46b
20	98,26a	71,23b	94,27a	69,22b	63,53a	52,84b	20,70a	2,86b
30	101,36a	73,13b	97,94a	70,92b	65,79a	53,99b	23,11a	3,35b
40	108,81a	72,81b	103,88a	70,57b	70,92a	54,21b	26,77a	2,95b
50	103,68a	70,90b	100,12a	69,02b	66,73a	51,85b	25,29a	3,21b
60	85,25a	71,85b	82,32a	69,93b	58,75a	54,67a	16,89a	3,15b

Para cada característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Resende et al. (2007) também observaram maior produtividade do híbrido de cebola Bucanner (24,7 t ha<sup>-1</sup>) em comparação às cultivares de polinização aberta Baia Periforme (18,0 t ha<sup>-1</sup>), Bola Precoce (17,5 t ha<sup>-1</sup>) e Red Creole (9,5 t ha<sup>-1</sup>). Santos et al. (2019) observaram superioridade do híbrido Fernanda F1 em comparação às cultivares de polinização aberta Franciscana IPA 10, Vale Ouro IPA 11 e BRS Alfa São Francisco, obtendo na presença de S (64 kg ha<sup>-1</sup>) PTB e PCB máximas de 90,3 e 88,5 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para Fernanda F1, e menores valores para Vale Ouro IPA 11 (79,10 e 77,80 t ha<sup>-1</sup>), Franciscana IPA 10 (66,90 e 64,60 t ha<sup>-1</sup>) e BRS Alfa São Francisco (61,50 e 58,70 t ha<sup>-1</sup>).

Rodrigues et al. (2020) não observaram alteração na produtividade do híbrido Bella Vista (18 t ha<sup>-1</sup>), porém doses crescentes influenciaram a cultivar híbrida Bella Catarina obtendo máxima produtividade de 24,5 t ha<sup>-1</sup>, na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de S em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico Típico, com textura média e baixo teor de matéria orgânica.

A PCB máxima estimada na cultivar Rio das Antas foi de 101,0 t ha<sup>-1</sup>, obtida com a dose estimada de 33,7 kg ha<sup>-1</sup> de S (Figura 4). Doses superiores à estimada apresentaram

diminuição na produção da cebola de 21,40%. Para a cultivar IPA 11, nenhum modelo de regressão foi ajustado, sendo verificada média de 70,26 t ha<sup>-1</sup>. Souza et al. (2015) obteve incremento na PCB de 29,85%, quando aplicada a dose de 47 kg ha<sup>-1</sup> de S na cultivar Perfecta, em solo com baixo teor de S.

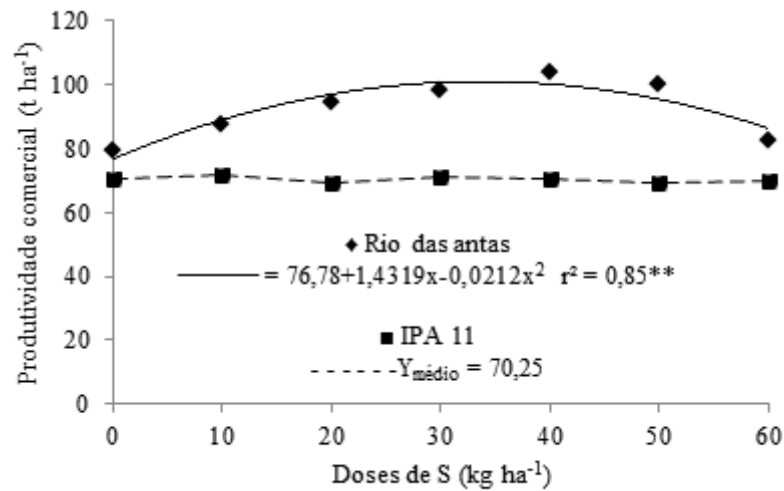


Figura 4. Produtividade comercial de bulbos em função das doses de S nas cultivares de cebola Rio das Antas (◆) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

A influência de S no rendimento da cebola pode relacionar-se ao papel do nutriente na formação de proteínas vegetais e alguns hormônios, além do S ser necessário à ação enzimática, formação da clorofila, síntese de certos aminoácidos (cisteína e metionina) e vitaminas, auxiliando, portanto, um bom crescimento vegetativo levando a obter altas produtividades (TISDALE; NELSON, 1985; EL-SHAFIE; EL-GAMAILY, 2002; AHMAD, 2009).

A produtividade de bulbos da classe 3 (PC3) aumentou com as doses de S, com máximo estimado de 68,4 t ha<sup>-1</sup>, obtido com a aplicação de 34,6 kg ha<sup>-1</sup> de S (Figura 5). Esse valor correspondeu a 65,33% da produtividade total. O incremento da dose estimada em relação ao tratamento sem adubação com S foi de 23,30%. Dose superior à estimada apresentou diminuição da produção da cebola Rio das Antas em 14,1%.



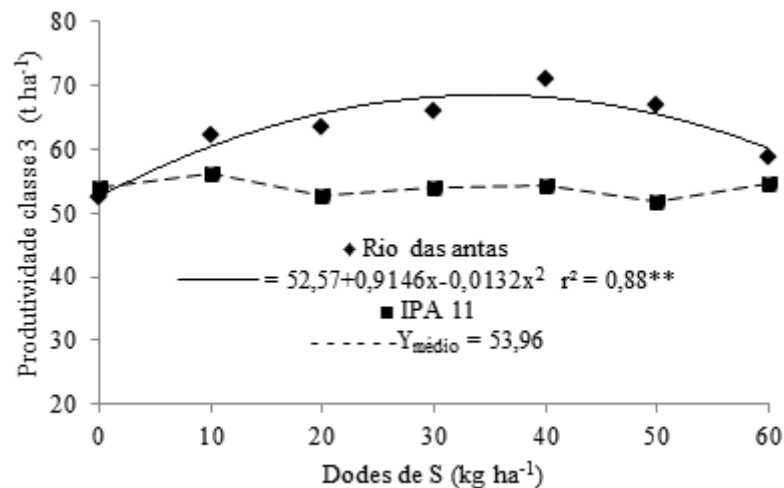


Figura 5. Produtividade de bulbos classe 3 em função das doses de S nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFRS, 2021.

O aumento da produtividade da cebola devido à aplicação de S nas classes maiores (PC3 e PC4) pode ser atribuído ao seu suprimento na síntese de coenzima A e aminoácido para a elaboração de proteínas e à formação de certas ligações dissulfeto, que têm sido associadas a características estruturais do protoplasma vegetal, proporcionando, assim, incremento no diâmetro e peso dos bulbos (GONDANE et al. 2018).

Gondane et al. (2018) evidenciaram ganhos no peso e tamanho de bulbos classe 3 com a aplicação de S em solo com baixo teor do nutriente, obtendo incremento de 25,7% no peso do bulbo até a dose 40 kg ha<sup>-1</sup> e decréscimo de 12% com o aumento das doses até 80 kg ha<sup>-1</sup>. O incremento no diâmetro do bulbo, por sua vez, foi de 11,8% até a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de S e decréscimo de 10,0% com o aumento das doses até 80 kg ha<sup>-1</sup>.

A importância do S no aumento do tamanho de bulbo também foi observado por Mondal et al. (2020), em solo ácido com baixo teor do nutriente, com incremento no peso do bulbo de 26%, com aplicação de S na faixa de 30 a 50 kg ha<sup>-1</sup> e de 9,8% no diâmetro do bulbo quando a adubação foi de 40 kg ha<sup>-1</sup> em relação à testemunha (0 kg ha<sup>-1</sup>). Chattoo et al. (2019) verificaram comportamento linear no ganho de peso e diâmetro do bulbo classe 3, com incrementos de 25,4 e 17,3%, respectivamente, na dose 45 kg ha<sup>-1</sup> de S em relação ao tratamento sem adubo com S.

A classe 3 é a preferida entre os consumidores e tem melhor preço no mercado, sendo praticamente o dobro das demais classes. Esses resultados evidenciam a capacidade que o híbrido Rio das Antas tem em produzir bulbos maiores em relação à cultivar IPA 11. O vigor das sementes híbridas, bem como a elevada carga genética e boa tolerância ao plantio adensado possivelmente contribuíram para a superioridade da Rio das Antas. As cultivares

híbridas têm despertado interesse dos produtores da região Nordeste, principalmente por possuírem resistência a pragas e doenças e elevado potencial produtivo, quando comparada a cultivares convencionais, além de excelente uniformidade de bulbificação e boa adaptação ao plantio adensado.

O aumento das doses de S proporcionou incremento na produtividade de bulbos da classe 4 (PC4) até a dose estimada de 36,82 kg ha<sup>-1</sup> de S, com produtividade de 24,80 t ha<sup>-1</sup> (Figura 6). Isso correspondeu a 23,60% da PDT. Em relação ao tratamento sem aplicação de S, o incremento foi de 113,00%.

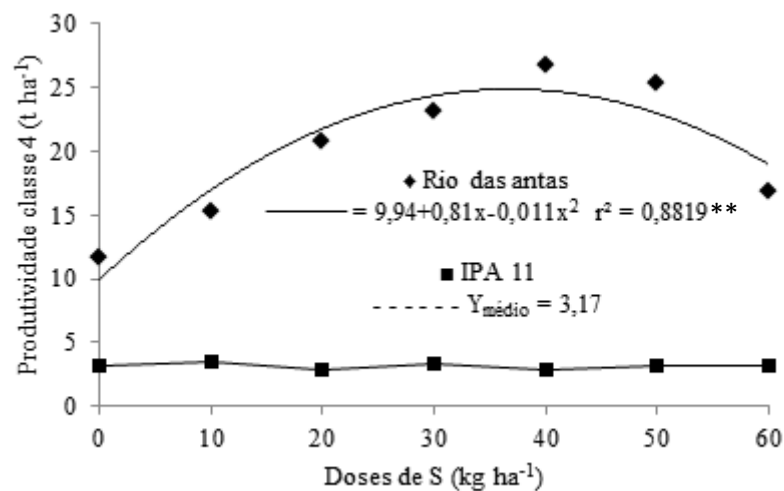


Figura 6. Produtividade de bulbos classe 4 em função das doses de S nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFRSA, 2021.

A produtividade de bulbos classe 4 aumentou até certo limite estimado de aproximadamente 37 kg ha<sup>-1</sup> de S, apresentando redução de 46,8% na produção da cebola com o aumento das doses de S (Figura 6). Para a cultivar IPA11, nenhum modelo de regressão foi ajustado, obtendo-se média de 3,17 t ha<sup>-1</sup>.

O aumento da produtividade da cebola nas classes de maiores diâmetros (PC3 e PC4) está relacionado à aplicação de S e à necessidade nutricional da cultura na absorção e uso deste nutriente. Destacam-se também os fatores que influenciam a maior resposta da adubação com S, ou seja, condições adequadas de temperatura, umidade, cultivar utilizada e tipo de solo.

Na S1, as produtividades de bulbos da classe 2 foram de 11,08 e 15,20 t ha<sup>-1</sup>, obtidas sem aplicação de S e na dose de 24,9 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para as cultivares Rio das Antas e IPA 11 (Figura 7A). Na safra 2, a PC2 máxima estimada (10,5 t ha<sup>-1</sup>) foi obtida na

dose de  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  para a cultivar Rio das Antas. Para a IPA 11, não se ajustou nenhum modelo de regressão, com média de  $12,76 \text{ t ha}^{-1}$  (Figura 7B).

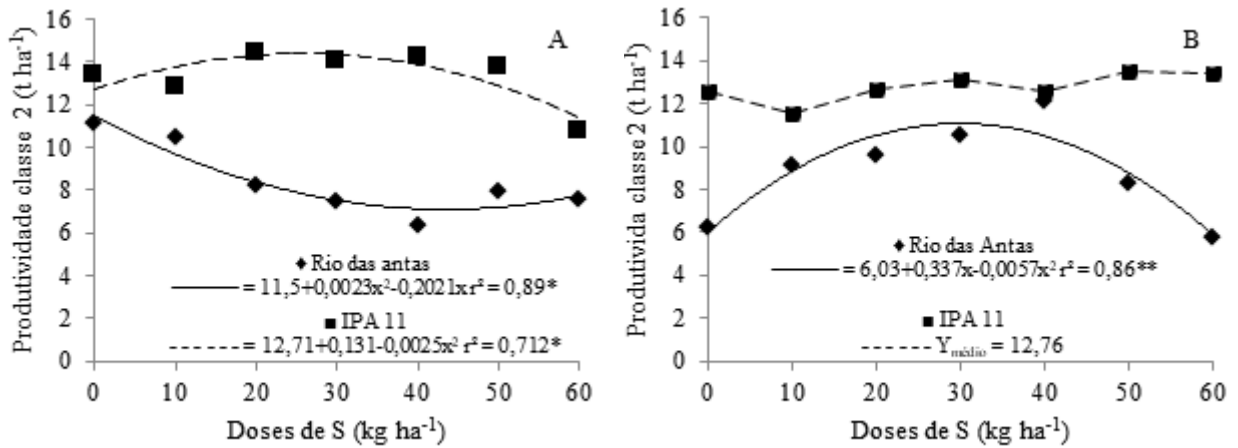


Figura 7. Produtividade de bulbos classe 2 em função das doses de S na safra 1 (A) e safra 2 (B), nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

A produção de bulbos não comerciais (PNC) em função das doses de S ajustou-se ao modelo quadrático de regressão (Figura 8). A PNC máxima estimada foi de  $2,8 \text{ t ha}^{-1}$ , obtida com as doses de  $27 \text{ kg ha}^{-1}$  de S. A diminuição de bulbos menores e aumento dos bulbos das classes C3 e C4 com a aplicação do S refletem um comportamento favorável à cultura da cebola, haja vista que bulbos maiores são preferidos pelos consumidores e atingem melhores preços de mercado.

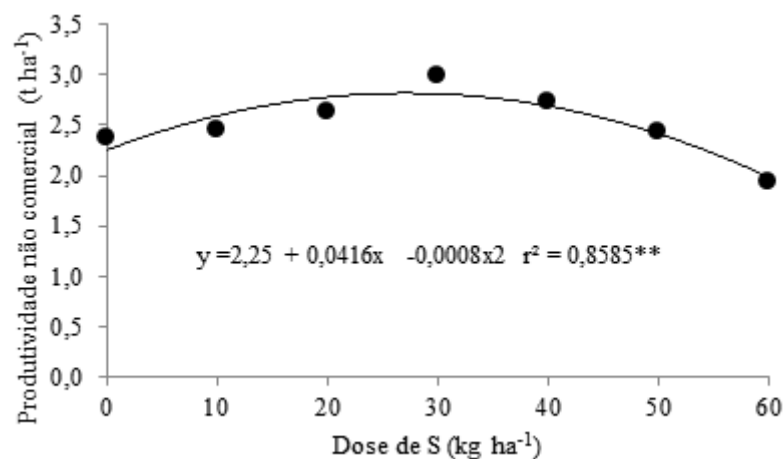


Figura 8. Produtividade de bulbos não comercial em função das doses de S. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

Al-Fraihat (2009) também observou aumento dos bulbos maiores nos maiores níveis de S aplicados, em duas safras de cultivo. A aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de S proporcionou rendimento de bulbos maiores em 80,56 e 79,06% para as safras 1 e 2, respectivamente.

As maiores médias de PNC (Tabela 5) foram na S1, diferenciando significativamente da S2. Com relação às cultivares, houve diferença significativa, tendo a Rio das Antas obtido maiores médias 4,09 e 1,84 t ha<sup>-1</sup> na S1 e S2, respectivamente, em comparação à IPA 11.

Tabela 5. Valores médios de produtividade não comercial (PNC) de cultivares de cebola em função das safras de plantio. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

Cultivar	PNC (t ha <sup>-1</sup> )	
	Saфра	
	1	2
Rio das Antas	4,09 Aa <sup>1</sup>	1,84 Ab
IPA 11	2,80 Ba	1,29 Bb

<sup>1</sup>Para cada característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Estudando diferentes espaçamentos nas condições de Mossoró-RN, Santos (2017) observou superioridade produtiva do híbrido Rio das Antas (101,1 t ha<sup>-1</sup>) em relação à cultivar de polinização aberta IPA 11 (58,4 t ha<sup>-1</sup>), corroborando com o presente estudo. No entanto, para a PNC não houve diferença significativa, com médias de 1,41 e 1,52 para Rio das Antas e IPA 11, respectivamente. O híbrido Rio das Antas adapta-se ao cultivo adensado e tem excelente produção de bulbos caixa 3. Isto ocorre devido à otimização dos nutrientes, convertendo em alta produtividade.

### 3.1 Análise econômica

#### 3.2.1 Custo de produção

Os COT para a implantação de um hectare de cebola Rio das Antas e IPA 11 nas safras S1 e S2 estão dispostos na tabela 6.

A variação entre os COT da S1 e S2 para doses máxima e mínima de S na cultivar Rio das Antas e IPA 11 foram de aproximadamente R\$ 1.840,00 ha<sup>-1</sup> e R\$ 1.580,00 ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A S2 apresentou os maiores valores de COT, a partir de reajustes na mão de obra (+25%), insumos e materiais (+4,6%), custos administrativos (+5,0%), exceto depreciação (-1,9%), uma vez que o ciclo na S1 foi maior para ambas as cultivares (Tabela 6).

Na cultivar Rio das Antas, os destaques foram os custos com sementes, mão de obra e fertilizantes, que contribuíram com 36,0; 20,0 e 18,0% na S1, e 35,0; 21,0 e 20,0% na S2, em

relação aos custos variáveis (Tabela 6). Na cultivar IPA 11, a ordem de contribuição foi com fertilizantes, mão de obra e sementes com 30,2; 26,2 e 14,5% para a S1, respectivamente. Para S2, foi de 30,1% (fertilizante); 30,0 (mão de obra) e 14,2% (sementes). Vilas Boas et al. (2011) verificaram em cebola variações nos custos com insumos de 29 a 41%, Hunger (2013) de 45% e Muradás (2002) de 48,5%.

Tabela 6. Custo operacional total (COT) para a produção de 1 hectare de cebola das cultivares Rio das Antas e IPA 11 em duas safras de plantio em função de doses de S. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

Doses	Safras	COP <sup>1</sup>	CIM <sup>2</sup>	Depreciação	COD <sup>3</sup>	COT <sup>4</sup>
0	1	4.693,00	12.187,29	1.358,58	1.849,51	20.088,38
	2	5.645,00	13.031,21	1.332,87	1.938,69	21.947,77
10	1	4.693,00	12.462,30	1.358,58	1.865,99	20.379,87
	2	5.645,00	13.175,49	1.332,87	1.947,51	22.100,88
20	1	4.693,00	12.574,33	1.358,58	1.872,70	20.498,61
	2	5.645,00	13.429,90	1.332,87	1.963,08	22.370,85
30	1	4.693,00	12.665,14	1.358,58	1.878,14	20.594,86
	2	5.645,00	13.597,39	1.332,87	1.973,32	22.548,59
40	1	4.693,00	12.828,40	1.358,58	1.887,93	20.767,91
	2	5.645,00	13.763,77	1.332,87	1.983,50	22.725,15
50	1	4.693,00	12.831,44	1.358,58	1.888,11	20.771,13
	2	5.645,00	13.696,38	1.332,87	1.979,38	22.653,64
60	1	4.693,00	12.627,70	1.358,58	1.875,90	20.555,18
	2	5.645,00	13.282,11	1.332,87	1.954,04	22.214,02
Doses	Safras	COP <sup>1</sup>	CIM <sup>2</sup>	Depreciação	COD <sup>3</sup>	COT <sup>4</sup>
0	1	4.693,60	7.184,24	1.358,58	1.549,67	14.785,49
	2	5.645,00	7.738,57	1.332,87	1.614,89	16.331,33
10	1	4.693,60	7.243,32	1.358,58	1.553,21	14.848,10
	2	5.645,00	7.839,88	1.332,87	1.621,09	16.438,85
20	1	4.693,60	7.282,53	1.358,58	1.555,21	14.889,67
	2	5.645,00	7.785,40	1.332,87	1.617,76	16.381,03
30	1	4.693,60	7.330,02	1.358,58	1.558,40	14.940,00
	2	5.645,00	7.914,87	1.332,87	1.625,68	16.518,42
40	1	4.693,60	7.362,80	1.358,58	1.560,37	14.974,75
	2	5.645,00	7.959,61	1.332,87	1.628,42	16.565,90
50	1	4.693,60	7.415,54	1.358,58	1.563,53	15.030,65
	2	5.645,00	7.931,38	1.332,87	1.626,69	16.535,94
60	1	4.693,60	7.471,24	1.358,58	1.566,87	15.089,68
	2	5.645,00	7.992,03	1.332,87	1.630,40	16.600,30

<sup>1</sup>Custo operacional: aluguel de máquinas + mão de obra; <sup>2</sup>Custos dos insumos e materiais: fertilizantes + defensivos + sementes + sacarias + equipamentos + análise de solo + energia elétrica; <sup>3</sup>Custo com outras despesas: despesas administrativas + assistência técnica + imposto territorial + juros do financiamento + Manutenção periódica de benfeitorias/instalações + Remuneração esperada sobre o capital fixo + arrendamento; Custo operacional total<sup>4</sup>.

A contribuição da adubação no COT na Rio das Antas foi de 18,1 e 18,7% na S1 e S2, respectivamente. Na IPA 11, esta foi de 25,0 e 25,9%. A participação da adubação com S nos custos com adubos variou com as doses. Na S1, foram: 0,0; 3,29; 6,46; 9,60; 12,3; 14,66 e 15,4%. Na S2, o comportamento foi semelhante: 0,0; 3,12; 6,12; 9,14; 11,69; 13,94; 16,5% para doses 0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de S, respectivamente, para ambas as cultivares.

Os gastos com mecanização, que compreenderam o aluguel de máquinas para o preparo do solo (aração e gradagem) e encanteiramento, contribuíram em média com 6,4 e 5,8% para S1 e S2, respectivamente, do COT para a cultivar Rio das Antas. Para a cultivar IPA11, os gastos com mecanização foram de 8,86 e 8,02%. Custos maiores com mecanização foram observados por Hunger (2013), que representaram 15,7 e 14,2%.

Por outro lado, os custos com mão de obra foram bastante expressivos, 16,4% (S1) e 19,2% (S2) do COT para a Rio das Antas e 22,5% (S1) e 26,2% (S2) para a IPA 11. Esses valores correspondem a 71,8 e 76,6 % dos custos operacionais (aluguel de máquinas + mão de obra) para S1 e S2, respectivamente. Vilas Boas et al. (2011) observaram custos superiores com mão de obra, variando de 24 a 30% de acordo com os tratamentos.

A cultura da cebola, assim como as demais hortaliças, requer grande porcentagem da mão de obra, como, por exemplo, nas etapas de colheita e pós-colheita, que representaram 58,89 e 45,00%, dos custos com mão de obra para S1 e S2, respectivamente.

Os custos com insumos e materiais corresponderam a 61,5 e 60,3% do COT para a Rio das Antas nas safras S1 e S2, respectivamente. Para a cultivar IPA11, as porcentagens foram de 49,1 e 47,9% para S1 e S2, respectivamente. Os destaques para a cultivar Rio das Antas foram as sementes (52,5 e 52,8%), fertilizantes (29,6 e 31,15%) e sacarias (15,9 e 13,9%) dos custos com insumos e materiais para a S1 e S2, respectivamente. Para a IPA 11, a ordem de contribuição em relação aos insumos e materiais foi de fertilizantes (52,0 e 54,0%), sementes (25,1 e 25,9%) e sacarias (20,4 e 16,9%) para S1 e S2, respectivamente.

Os valores de depreciação do sistema de irrigação para ambas as cultivares foram de R\$ 1.358,58 e 1.332,87 ha<sup>-1</sup> para S1 e S2, respectivamente. Esses valores corresponderam a 6,0 e 5,9% em relação ao COT para a Rio das Antas. Para a IPA11, foi de 9,0 e 8,1%, para S1 e S2, respectivamente.

Dentre os custos que não variaram com os tratamentos estão os de arrendamento da terra, que variaram conforme o estabelecimento da cultura no campo, ou seja, o ciclo da cultura, sendo de R\$ 595,85 e 558,90 ha<sup>-1</sup> nos ciclos de 145 dias e 136 dias para S1 e S2, respectivamente. A manutenção periódica de benfeitorias e instalações são despesas que também não variam em função dos tratamentos, mas em relação à safra, por serem calculadas

em função dos dias de cultivo em cada safra agrícola (R\$ 34 e 33,35 ha<sup>-1</sup>, para S1 e S2, respectivamente).

Os COD foram com despesas administrativas que somaram R\$ 520,74 e 577,27 ha<sup>-1</sup> para S1 e S2, respectivamente; assistência técnica (R\$ 347,16 e 384,85 ha<sup>-1</sup> para S1 e S2, respectivamente); remuneração prevista em cima do capital fixo, que corresponde a 3% ao ano (R\$ 203,99 e 200,13 ha<sup>-1</sup> para S1 e S2, respectivamente); imposto territorial rural (R\$ 3,97 e 3,73 ha<sup>-1</sup> para S1 e S2, respectivamente) e custos com financiamento (R\$ 172,39 e 215,09 ha<sup>-1</sup> para S1 e S2, respectivamente).

### 3.2.2 Renda bruta, renda líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade

Para todas as variáveis analisadas, observou-se interação entre os fatores cultivares de cebola e doses de S, conforme Tabela 7.

Tabela 7. Resumo da análise de variância para receita bruta (RB), receita líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

F.V	GL	Quadrados médios			
		RB	RL	TR	IL
Bloco (Safra)	6	104234683,92 <sup>ns</sup>	104234740,26 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	19.48 <sup>ns</sup>
Safra (S)	1	9,27E+0009 <sup>**</sup>	1,11E+0010 <sup>**</sup>	52,75 <sup>**</sup>	2019.52 <sup>**</sup>
Cultivar (C)	1	1,22E+0010 <sup>**</sup>	6,41E+0009 <sup>**</sup>	0,89 <sup>*</sup>	61.26 <sup>*</sup>
Dose de S (D)	6	299754317,37 <sup>**</sup>	281272518,45 <sup>**</sup>	0,49 <sup>*</sup>	36.74 <sup>*</sup>
E x C	1	156352621,08 <sup>ns</sup>	176747139,07 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	5.09 <sup>ns</sup>
E x D	6	30423100,41 <sup>ns</sup>	29018827,53 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	15.51 <sup>ns</sup>
C x D	6	324641568,20 <sup>**</sup>	310253575,41 <sup>**</sup>	0,61 <sup>**</sup>	34.07 <sup>*</sup>
E x C x D	6	20634098,02 <sup>ns</sup>	19646684,07 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	11.86 <sup>ns</sup>
CV (%)	-	10,30	13,55	9,80	4,64

FV - fonte de variação; GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; \*Significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade e <sup>ns</sup>Não significativo.

A receita bruta (RB) em função das doses de S ajustou-se ao modelo quadrático de regressão para a cultivar Rio das Antas, com maior RB estimada em R\$ 96.100 ha<sup>-1</sup> na dose de 33,8 kg ha<sup>-1</sup> de S (Figura 9). O incremento em comparação ao tratamento sem adubação com S foi de 27,10%. Para a cultivar IPA 11, não foi observado ajuste para nenhum modelo de regressão, apresentando média de R\$ 6.6978,80 ha<sup>-1</sup>.

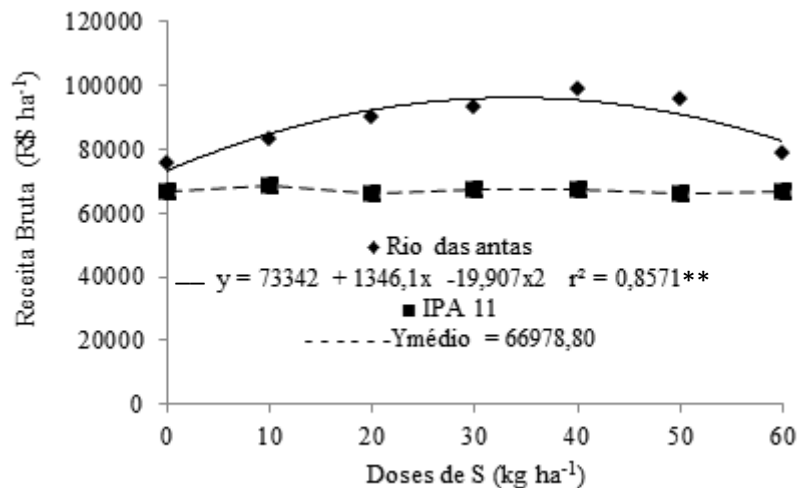


Figura 9. Receita bruta em função das doses de S das cultivares de cebola Rio das Antas (◆) e IPA 11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

A renda bruta é um parâmetro condicionado a dois fatores específicos: a produção da cultura e o valor pago ao produtor. No presente trabalho, os aumentos das doses de S proporcionaram incremento na produtividade da cultivar Rio das Antas e, conseqüentemente, na receita bruta. Os maiores valores da cebola na S1 (R\$ 1,00 kg<sup>-1</sup>) favoreceram RB maior do que na S2.

Analisando a Tabela 8, observa-se diferença estatística da cultivar Rio das Antas em comparação à IPA 11 em todas as doses. A maior média de RB foi obtida na dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de S (R\$ 98.851,63 ha<sup>-1</sup>). A maior produtividade observada na cultivar Rio das Antas proporcionou maiores médias de receita brutas, como discutido anteriormente.

Tabela 8. Valores médios de receita bruta (RB), receita líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) em função de cultivares de cebola, doses de S e safras de plantio Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

Dose de S (kg ha <sup>-1</sup> )	RB (R\$ ha <sup>-1</sup> )		RL (R\$ ha <sup>-1</sup> )		TR (R\$ ha <sup>-1</sup> )		IL (%)	
	Rio das Antas	IPA 11	Rio das Antas	IPA11	Rio das Antas	IPA 11	Rio das Antas	IPA 11
0	75.586,50a	67.021,75b	54.568,43a	51.463,34a	3,62b	4,34a	71,59 b	76,2a
10	83.366,75a	68.435,75b	62.126,37a	52.792,27b	3,95b	4,40a	73,05 b	76,7a
20	89.816,12a	66.057,50b	68.381,40a	50.422,15b	4,22a	4,26a	75,67 a	75,6a
30	93.208,37a	67.568,37b	71.636,66a	51.839,16b	4,35a	4,32a	76,47 a	76,3a
40	98.851,63a	67.213,25b	77.105,10a	51.442,92b	4,57a	4,29a	77,55 a	76,1a
50	95.360,62a	65.836,88b	73.648,24a	50.053,58b	4,42a	4,21a	76,79 a	75,3a
60	78.737,75a	66.718,13b	57.353,15a	50.873,13a	3,71b	4,24a	69,93 b	75,2a

<sup>1</sup>Para cada característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.



Para a cultivar IPA 11, o fato das doses de S não terem influenciado na produtividade de bulbos comerciais (Figura 3) fez os valores de receita bruta e receita líquida serem inferiores aos registrados para Rio das Antas.

A receita líquida (RL) apresentou comportamento semelhante à produtividade de bulbos e RB. Os dados ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão para a cultivar Rio das Antas (Figura 9), com valor máximo de RL estimada de R\$ 74.447 ha<sup>-1</sup> na dose de 33,7 kg ha<sup>-1</sup> de S. Os valores da RL correspondem à diferença entre a renda bruta e os custos de produção. Neste caso, os valores foram satisfatórios para a cultivar Rio das Antas, exceto na ausência da adubação com S (0 kg ha<sup>-1</sup> de S) e na dose extrema (60 kg ha<sup>-1</sup> de S), em que não diferenciou estatisticamente da cultivar IPA11, que, por sua vez, obteve as menores médias de RL (Tabela 8).

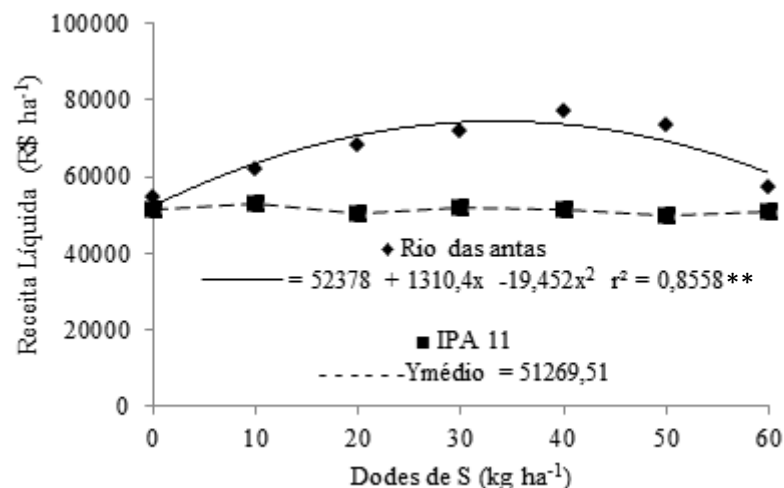


Figura 10. Receita líquida em função das doses de S nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFRSA, 2021.

O maior lucro observado na cultivar Rio das Antas na dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de S está ligado ao incremento produtivo alcançado com o aumento das doses de S. Por outro lado, a baixa receita líquida observada nos extremos das doses (0 e 60 kg de S ha<sup>-1</sup>) está ligada à baixa produtividade que esses tratamentos obtiveram.

A taxa de retorno (TR) sobre o investimento é um parâmetro condicionado à produtividade, valor pago pelo produto e com os custos de produção. Para a cultivar Rio das Antas, a máxima TR estimada (R\$ 4,50 ha<sup>-1</sup>) foi obtida na dose de 33,6 kg ha<sup>-1</sup> de S (Figura 11). Por outro lado, a cultivar IPA 11 não obteve ajuste de nenhum modelo de regressão, com médias de R\$ 4,30 ha<sup>-1</sup>.

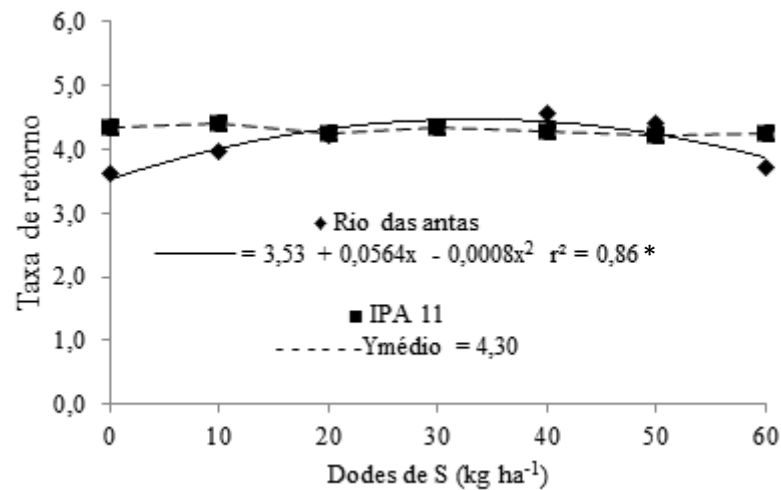


Figura 11. Taxa de retorno em função das doses de S nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

A maior média foi registrada na cultivar Rio das Antas com valor chegando a R\$ 4,57 a cada R\$ 1,00 investido na dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> S (Tabela 8). Porém, não foi observado diferença significativa para a cultivar IPA 11, que, por sua vez, apresentou maior média: R\$4,40 na dose de 20 kg ha<sup>-1</sup> de S, diferenciando-se significativamente da cultivar Rio das Antas.

O índice de lucratividade estimado para a cultivar Rio das Antas foi de 77,2% na dose de 31,1 kg ha<sup>-1</sup>. (Figura 12). Por outro lado, a cultivar IPA 11 não ajustou a nenhum modelo de regressão, apresentando média de 75,90% ha<sup>-1</sup>.

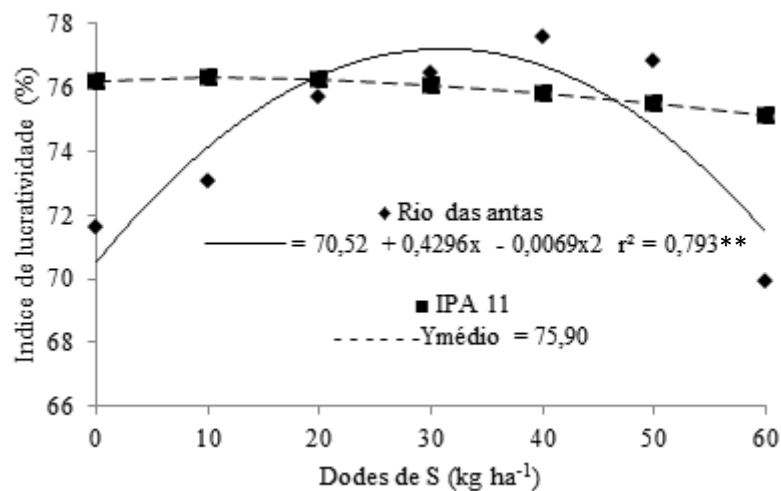


Figura 12. Índice de lucratividade em função das doses de S nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

Na Tabela 8, observa-se que os valores foram atraentes para ambas as cultivares, estando no patamar de 76%. A cultivar IPA 11 foi superior na maioria das doses, exceto nas doses 30, 40 e 50 kg ha<sup>-1</sup> de S, em que a cultivar Rio das Antas foi superior, sem, porém, apresentar diferença significativa em comparação à IPA 11.

De modo geral, a exploração da cebola apresentou resultados econômicos bastante satisfatórios. As variações entre os índices de eficiência econômica foram favoráveis para ambas as cultivares, com destaque para a Rio das Antas nas doses de 30, 40 e 50 kg ha<sup>-1</sup>, com retorno sobre o investimento na faixa de 77%, e a relação custo benefício com retorno de R\$4,50 para cada real utilizado no custo operacional total de exploração de um hectare de cebola.

#### **4. CONCLUSÕES**

A cultivar Rio das Antas apresenta alta produtividade e índices econômicos satisfatórios com a aplicação de S.

Doses de S entre 30 e 40 kg ha<sup>-1</sup> favorecem maior produtividade para a cultivar Rio das Antas.

A adubação com S aumentou a porcentagem de bulbos maiores (>50 mm) e reduziu a porcentagem de bulbos menores (<35 mm).

## REFERÊNCIAS

- ABDELKADER ABOU AZOOM, A.; ZHANI, K.; HANNACHI, C. Performance of Eight Varieties of Onion (*Allium cepa* L.) Cultivated under Open Field in Tunisia. **Available Not Sci Biol**, v. 6, n. 2, p. 220–224, 2014.
- AGHAJANZADEH, T. A.; HAWKESFORD, M. J.; DE KOK L. J. Atmospheric H<sub>2</sub>S and SO<sub>2</sub> as sulfur sources for *Brassica juncea* and *Brassica rapa*: Regulation of sulfur uptake and assimilation. **Environmental and experimental botany**, Amsterdã, v. 124, p. 1-10, 2016.
- AHMED, F.; FARUQ, G.; RAFII, M. Y.; LATLF, M. A. Effect of sulphur on growth, yield and yield attributes in onion (*Allium cepa* L.). **Australian journal of crop science**, v. 7, n. 9, p. 1416-1422. 2013.
- AL-FRAIHAT, A. H. Effect of Different Nitrogen and Sulphur Fertilizer Levels on Growth, Yield and Quality of Onion (*Allium cepa*, L.). **Jordan Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, n. 2, p. 155-166, 2009.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. **FAO**, v. 56, p. 0254-5293, 2006.
- BARKER, A. V.; PILBEAM, D. J. **Handbook of Plant Nutrition**. 2 ed. Londres: CRC Press, 2015.
- BNB. 2020. Disponível em: <<https://bnb.gov.br/>>. Acesso em: 14 set. 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Abastecimento e Reforma Agrária, Portaria n. 529 de 18 ago. 1995. Brasília: **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF 1 set. 1995. Seção 1, p.13513.
- BROCH, D. L.; PAVINATO, P. S, POSSENTI, J. C, MARTIN, T. N.; DEL QUIQUI, E. M. Produtividade da soja no cerrado influenciada pelas fontes de enxofre. **Rev. Cienc. Agron.**, v. 42, p. 791-796, 2011.
- CHATTOO, M. A.; MAGRAY, M. M.; MALIK, A. A.; SHAH, M. D.; CHISTI, J. A. Effect of Sources and Levels of Sulphur on Growth, Yield and Quality of Onion (*Allium cepa* L.). **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.**, v. 8, n. 3, p. 1462-1470, 2019.
- CHATTOPADHYAY, S.; SANTRA, P.; BEHERA, S; MAITY. T. K. Efficacy of sulphur on growth, yield and quality of onion (*Allium cepa* L.) **Journal of Crop and Weed**, v. 11, n. 2, p. 86-89, 2015.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Custos de produção agrícola: a metodologia da CONAB. Brasília: CONAB, 2010.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Norma metodológica para o custos de produção 30. 302. Brasília: CONAB, 2020. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/images/arquivos/normativos/30000\\_sistema\\_de\\_operacoes/30.302\\_Norma\\_Metodologia\\_de\\_Custo\\_de\\_Producao.pdf](https://www.conab.gov.br/images/arquivos/normativos/30000_sistema_de_operacoes/30.302_Norma_Metodologia_de_Custo_de_Producao.pdf). Acesso em: 23 jan. 2021.

EL-SHAFIE, F. S.; AND EL-GAMAILY, E. Effect of organic manure, sulphur and microelements on growth, bulb yield, storability and chemical composition of onion plants. **Minufiya J. Agric. Res.**, v. 27, n. 2, p. 407-424, 2002.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas se solos, plantas e fertilizantes**. SILVA, F. C. (org.). 2. ed. Brasília, DF, 2009. 627 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed., Brasília, DF, 2013. p. 353.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 06 maio. 2021.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FORNEY, C. F.; JORDAN, M. A.; CAMPBELL-PALMER, L.; FILLMORE, S.; MCRAE, K.; BEST, K. Sulfur fertilization affects onion quality and flavor chemistry during storage. **Acta Horticulturae**, v. 877, p. 163-168, 2010.

GONDANE, S. P.; CHANDAN, P. M.; PANCHAL, K. N. Effect of Different Levels of Sulphur on Yield and Quality of Onion. **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.**, v. 6, p. 2125-2132, 2018.

GONÇALVES, F. C.; GRANGEIRO, L. C.; SOUSA, V. F. L.; SANTO, J. P.; SOUZA, F. I.; SILVA, L. R. R. Yield and quality of densely cultivated onion cultivars as function of nitrogen fertilization. **Revista Agriamb**, v. 23, n. 11, p. 847-851, 2019a.

GONÇALVES, F. C.; GRANGEIRO, L. C.; SOUSA, V. F. L.; JESUS, P. M. M.; SILVA, G. A. Agronomic and qualitative performance of densely cultivated onion cultivars as affected by potassium fertilisation. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 4, p. 889-896, 2019b.

HUNGER, H. **Produtividade e análise econômica da cultura da cebola sob diferentes densidades de plantio e níveis de adubação**. 2013. 52f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agro Produção 2017. Disponível em: <[https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/agricultura.html](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html)>. Acesso em: 10 jan. 2020.

KUNZ, V. L.; SIRTOLI, L. F.; FURLAN, L.; POLETTI, L.; PRIMO, M. A.; RODRIGUES, J. D. Produtividade de cebola sob diferentes fontes e modos de aplicação de adubos nitrogenados em cobertura. **Revista Biodiversidade**, Rondonópolis, v. 8, n. 1, p. 32-37, 2009.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira Para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Metodologia para Análise de Elementos em Material Vegetal. In: MALAVOLTA, E. VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. (org.). **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. Ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MAGRAY, M. M. et al. Influence of Sulphur and Potassium Applications on Yield, Uptake & Economics of Production of Garlic. **Int. J. Pure App. Biosci.**, v. 5, n.5, p 924-934, 2017.

MAY, A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; PORTO, D. R. Q.; VARGAS, P. F.; BARBOSA, J. C. Produtividade de híbridos de cebola em função da população de plantas e da fertilização nitrogenada e potássica. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 053-059, 2007.

MISHU, H. M.; AHMED, F.; RAFII, M. Y.; GOLAM, F.; LATIF, M. A. Effect of sulphur on growth, yield and yield attributes in onion (*Allium cepa* L.). **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 9, p. 1416–1422, 2013.

MONDAL, S.; GHOSH, G. K.; MONDAL, J.; Effect of Graded Levels of Sulphur as Magnesium Sulphate on Yield and Quality of Onion (*Allium cepa* L.) in Red and Lateritic Soils of West Bengal. Índia, **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.**, v. 9, n. 4, p. 2858-2866, 2020.

MUHAMMAD, T.; AMJAD, M.; ALI, M.; MUHAMMAD H. M.; HUSSEIN, M. A. M.; HASEEB, A.; NOOR, A. Seedling age and nitrogen level enhance vegetative growth and yield of onion (*Allium cepa*). **International Journal of Agricultural and Environmental Research**, v. 3, n. 2, p. 244-251, 2017.

MURADÁS, J. **A cultura da cebola no litoral centro do Rio Grande do Sul - análise de suas especificidades como subsídio para o desenvolvimento regional**. 2002. 176f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2002.

NIVETHA, E; SEKARAN, C. N.; MEENA, S.; VETHAMONI, I. P.; KALAISELVI, T. Assessing Sulphur Nutrition to Enhance the Yield and Quality of Small Onion (*Allium cepa* var. *aggregatum*) Grown in Sulphur Deficient Soil. **Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.** Índia, v. n. 2, p. 564-567, 2020.

PAULA, M. B.; PÁDUA, J. G.; FONTES, P. C. R.; BERTONI, J. C. Produtividade, qualidade de bulbos de cebola e teores de nutrientes na planta e no solo influenciados por fontes de potássio e doses de gesso. **Revista Ceres**. v. 43, n. 283, p. 231-244, 2002.

PAUL, J. K.; HALDER, B. C.; KHAN, M. A. Effects of boron and sulphur on the growth and yield of onion. **J. Sci. technol.**, v. 5, p. 60-66, 2007.

PRADHAN, R.; PATTNAIK, A. K.; TRIPATHY, P.; MALLIKARJUNARAO, K.; SAHOO, B. B.; LENKA, J. Influence of sulphur fertilization on nutrient uptake of onion (*Allium cepa* L.). **J. Crop Weed**, v. 11, n. 2, p. 134-38, 2015.

PRZYGOCKA-CYNA, K.; BARTÓG, P.; GRZEBISZ, W.; SPIZEWSKI, T. Onion (*Allium cepa* L.) yield and growth dynamics response to in-season patterns of nitrogen and sulfur uptake. **Agronomy**, v. 10, p. 1146-1163, 2020.

RATHOD, P. H.; KATKAR, R. N.; VRUSHALI, R.; BHENDE, S. M.; GHAWADE, S. R. LAKHE; KHARCHE, V. K. Effect of Sulphur and Zinc Containing Customized Fertilizers on Growth, Yield and Nutrient Uptake of Onion, **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci**, Índia, v.9, v. 1, p. 2061-2069, 2020.

RESENDE, J. T. V.; PIRES, B. D.; CAMARGO, L. K. P.; MARCHESE, A. Desempenho produtivo de cultivares de cebola em Guarapuava, Paraná. **Ambiência**, v. 3, n. 2, p. 193-199, 2007.

RODRIGUES, L. U.; TAVARES, T. C. O.; FARIA, A. J. G.; TOMAZI, M. C.; TAVARES, R. C.; NARCIMENTO, I. R. Uso do enxofre nos componentes de produção e qualidade de bulbos de cebola. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 7, p. 1-11, 2020.

SANTOS, C. A. F.; YURI, J. E.; COSTA, N. D. Efeito do Enxofre na Produtividade e no Teor de Ácido Pirúvico em Cultivares de Cebola. Petrolina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2019. 18 p. (Boletim Técnico).

SILVA, L. R. R. **Desempenho agrônomo de cebola em função da adubação fosfatada**. 2018. 70 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade federal rural do Semi-árido, Mossoró, 2018

SOUZA, L. F. G.; FILHO, A. B. C.; DETULIO, F. A.; NOWAKI, R. H. D. Effect of sulphur dose on the productivity and quality of onions. **Australian Journal of Crop Sciences**, v. 9, n. 8, p. 728-733, 2015.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, p. 55-94, 1948.

TISDALE, S. L.; AND NELSON, W. L. **Soil fertility and fertilizers**, 3rd ed. London: Macmillan Publishing Co. Inc., New York and Collico-Macmillan Publishers, 1985.

TRANI, P. E.; BREDA JÚNIOR, J. M.; FACTOR, T. L. **Calagem e adubação da cebola (*Allium cepa* L.)**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2014.

VILAS BOAS, R. C.; PEREIRA, G. M.; REIS, R. P.; LIMA JUNIOR, J. A.; CONSONI, R. Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 781-788, 2011.

ULLAH, M. H.; HUQ, S. M. I; ALAM, M. D. U.; RAHMAN, M. A. Impacts of sulphur levels on yield, storability and economic return of onion. Bangladesh, **J. Agril. Res.**, v. 33, n. 33, p. 539-548, 2008.

## CAPÍTULO II

### QUALIDADE DA CEBOLA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO COM ENXOFRE

#### RESUMO

A cebola é uma hortaliça de alto valor condimentar, podendo ser consumida de diversas formas, além de apresentar características diferenciadas quando submetida a fatores ambientais, agronômicos e principalmente de nutrição sulfúrica. Contudo, a supressão de enxofre (S) nas formulações de fertilizantes configura-se como um risco ao produtor, afetando de negativamente a qualidade do produto colhido. Com o objetivo de avaliar a qualidade de duas cultivares de cebola em função da adubação com enxofre (S), foram cultivadas duas safras agrícolas na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, Mossoró, RN, nos períodos de junho a novembro de 2018 e de 2019. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 7, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de duas cultivares de cebola (Rio das Antas e IPA 11) e sete doses de S (0; 10; 20; 30; 40; 50 e 60 kg ha<sup>-1</sup>). Foram avaliados o acúmulo de S na folha e no bulbo; matérias secas da folha, do bulbo e total; e a qualidade de bulbo: firmeza, pungência, pH, relação sólido solúveis (SS)/acidez titulável (AT) e açúcares totais. O fornecimento de S até a dose 30 kg ha<sup>-1</sup> influenciou favoravelmente na qualidade dos bulbos. O S contribuiu para o aumento da firmeza, pH e açúcares dos bulbos e redução da SS/AT da cultivar Rio das Antas. A cultivar IPA 11 fertilizada com 60 kg ha<sup>-1</sup> de S produziu bulbos de pungência “muito forte”. A aplicação de S contribuiu para o maior teor e acúmulo deste nutriente no bulbo.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Allium cepa* L., nutrição mineral, pungência, pós-colheita.



## CHAPTER II

### ONION QUALITY AS A FUNCTION OF SULFUR FERTILIZATION

#### ABSTRACT

The onion is a vegetable of high condiment value, which can be consumed in different ways, presenting qualitative and quantitative characteristics when subjected factors to environmental, agronomic and mainly sulfuric nutrition. In order to evaluate the quality of two onion cultivars as a function of fertilization with sulfur (S), two experiments were carried out on two harvest agricultural crops at the Rafael Fernandes Experimental Farm, Mossoró, RN, from June to November 2018 and from June to November 2019. The experimental design used was in randomized blocks in a factorial scheme 2 x 7, with four repetitions. The treatments consisted of a combination of two onion cultivars (Rio das Antas and IPA 11) and seven doses of sulfur (0; 10; 20; 30; 40; 50 and 60 kg ha<sup>-1</sup> of S). The accumulation of S in the leaf and bulb was evaluated; dry matter leaf, bulb and total; and the quality of the bulb: firmness, pungency, pH, soluble solids (SS) / titratable acidity (AT) ratio and total sugars. The supply of S up to the dose of 30 Kg ha<sup>-1</sup> favorably influenced the quality of the bulbs. The S contributed to the increase of the firmness, pH and sugar of the bulbs and reduction of the SS / AT of the cultivar Rio das tapirs. The cultivar IPA 11 fertilized with 60 kg ha<sup>-1</sup> of S produced bulbs of “very strong” pungency. The application of S contributed to the higher content and accumulation of S in the bulb.

**KEYWORDS:** *Allium cepa* L.; Mineral nutrition; Pungency; Post-harvest.

## INTRODUÇÃO

A cebola (*Allium cepa* L.) destaca-se como um dos principais temperos do mundo, com ação bacteriostática e importância nutricional (EL-HADIDY et al. 2014; BACKES et al. 2018). Pode ser consumida frita, seca, crua, cozida ou assada. Geralmente, essa hortaliça é usada para dar sabor a saladas, pastas, molhos e sopas (VAN WYK, 2014).

A exigência da cebola por enxofre (S) é bem expressiva, atuando no crescimento, produtividade e qualidade. O bulbo apresenta pungência, sabor e características aromáticas, resultado de compostos organossulfurados. Compostos secundários contendo S estão relacionados a atributos que promovem maior vida de prateleira, além de conferir resistência a pragas e doenças (MAGRAY et al., 2017; AGHAJANZADEH et al. 2016, 2019).

O envolvimento do S na síntese de três aminoácidos, cistina (27% S), cisteína (26% S) e metionina (21% S), promove o aumento do alcaloide dissulfeto de alil propil (43% S). Estes são os principais alcaloides que constituem os compostos orgânicos precursores de compostos voláteis, atribuindo sabor e odor característicos das espécies da família (RANDLE; BASSARD, 1993; TRANI et al., 2014; BACKES et al., 2018).

A qualidade da cebola, assim como na maioria das hortaliças, varia em matéria seca, cor, tamanho, firmeza e características físico-químicas (AKHTAR, 2015; LOPES et al., 2016), dentre os quais se destacam matéria seca, sólidos solúveis e ácido pirúvico. A matéria seca é importante para a industrialização, principalmente para o setor de produtos desidratados, pós-colheita e firmeza de bulbos. Os açúcares são fundamentais para a qualidade e palatabilidade, sendo responsáveis, em parte, pelo sabor. O ácido pirúvico atua como medidor de sabor e aroma em cebola, utilizado para medir a intensidade de pungência.

As expressões de tais atributos são determinadas, em parte, pelo genótipo; todavia, também são dependentes das condições edafoclimáticas (LIMA et al., 2019). Contudo, para cada material é necessário o estudo do comportamento da planta visando não apenas à produtividade, como também garantir a integridade física e a qualidade. Alguns trabalhos avaliaram produção e qualidade da cebola em função da adubação com S (AL-FRAIHAT, 2009; GONDANE et al., 2018; LAXMI et al., 2019; NIVETHA et al., 2020), porém são poucos os que comparam tais características em diferentes materiais (GRANGEIRO et al., 2008; RESENDE et al., 2010; RODRIGUES et al., 2020).

Assim, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de S na qualidade de cultivares de cebolas cultivadas nas condições do Oeste Potiguar.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização e características da área experimental

Os experimentos foram realizados no período de junho a novembro de 2018 e 2019, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada no distrito de Alagoinha, zona rural do município de Mossoró-RN, situado a 5°3'33'' de latitude sul e 37°23'50'' de longitude oeste e altitude de 72m. A classificação climática segundo a Classificação de Köppen, é do tipo BSh (ALVARES et al., 2013), caracterizada como seco e muito quente, com chuvas de fevereiro a maio, precipitações pluviométricas anuais em torno de 674 mm. Durante a condução dos experimentos, foram registradas médias de temperatura e umidade relativa do ar (Figuras 1A e 1B). Os dados pluviométricos foram de 34,4 e 31,4 mm para safras 1 (S1) e 2 (S2), respectivamente.

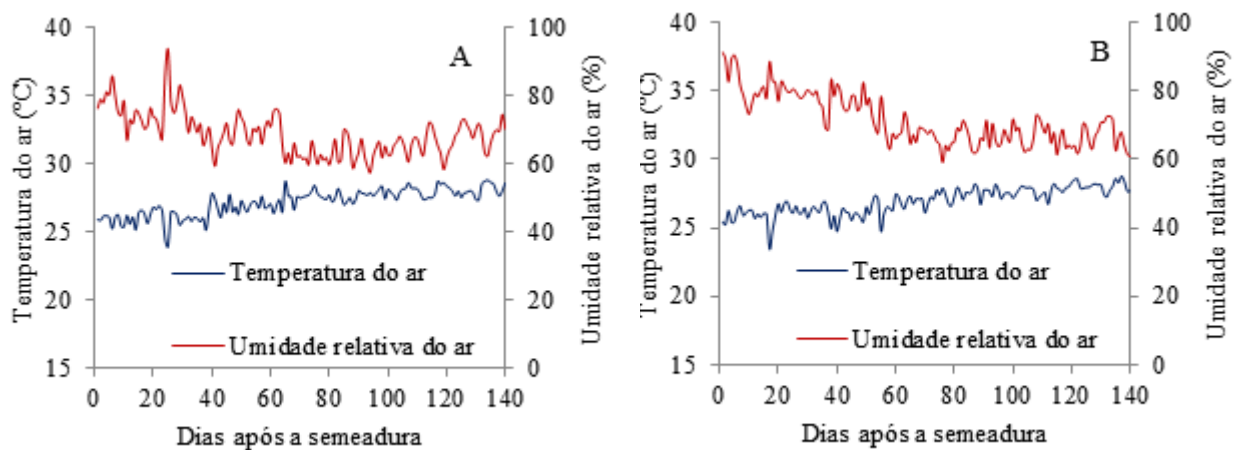


Figura 1. Temperatura e umidade relativa do ar na safra 1 (A) e safra 2 (B), no período de junho a novembro de 2018 e 2019, obtidos de uma estação meteorológica localizado na Fazenda experimental Rafael Fernandes. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2013). Foram realizadas amostragens simples do solo na profundidade 0-20 cm, para obtenção de uma amostra composta (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química e física do solo da área experimental antes da instalação do experimento. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

Safras	pH (H <sub>2</sub> O)	MO g kg <sup>-1</sup>	P <sup>1</sup>			S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>			(H+Al)			Areia Silte Argila		
			mg dm <sup>-3</sup>			cmolc dm <sup>-3</sup>			g kg <sup>-1</sup>					
S1	4,80	5,59	5,00	76,00	4,00	0,41	0,13	0,10	1,57	900	40	60		
S2	4,90	5,57	1,30	42,30	6,00	0,40	0,60	0,15	0,99	900	30	70		

<sup>1</sup>Extrator Melich 1; pH: potencial hidrogeniônico; MO: matéria orgânica; H+Al: acidez potencial.

## 2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 7, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de duas cultivares de cebola (IPA 11 e Rio das Antas) e sete doses de S (0; 10; 20; 30; 40; 50 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de S). Cada parcela experimental foi constituída por um canteiro de 3,0 x 1,0 m, com oito fileiras de plantas, espaçadas com 0,10 x 0,06 m. A área útil foi composta pelas seis fileiras centrais, descartando-se duas plantas de cada extremidade das fileiras. A área utilizada não tem histórico de cultivos anteriores.

O híbrido Rio das Antas apresenta elevado vigor de plantas e boa adaptação ao cultivo adensado. É uma cultivar de dias curtos com ciclo entre 120 a 150 dias. Destaca-se pela alta produtividade e excelente rendimento caixa 3. Seus bulbos são uniformes de formato grano e com pouca pungência.

A cultivar IPA 11 apresenta bulbos globulosos, com elevada pungência. É uma cultivar de dias curtos, com ciclo entre 110 e 130 dias, proporciona ótimo desempenho agrônômico e boa conservação pós-colheita, além de seu rendimento variar de 30 a 90 t ha<sup>-1</sup>.

## 2.3 Implantação e condução do experimento

O preparo do solo constou de aração e gradagem, seguido do levantamento dos canteiros de forma mecanizada. A adubação de fundação consistiu da aplicação de todo o fósforo, ou seja, 210 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (SILVA, 2018) na forma de superfosfato triplo.

Para as adubações de cobertura foram parcelados semanalmente e aplicados, por fertirrigação, o total de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N; 200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; 50 kg ha<sup>-1</sup> de Ca e 14 kg ha<sup>-1</sup> de Mg (GONÇALVES, 2019a; 2019b). O S foi aplicado de acordo com os tratamentos, utilizando como fontes o Sulfato de amônio e o Sulfato de potássio.

As fertirrigações foram divididas em 10 aplicações, com início aos 21 dias após a semeadura (DAS) (Apêndice 1), e os fertilizantes utilizados como fonte de nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio foram: ureia, cloreto de potássio, nitrato de cálcio, nitrato de potássio e nitrato de magnésio.

O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento, com quatro fitas gotejadoras por canteiro espaçadas entre si em 0,20 m e com gotejadores a cada 0,30 m com vazão média de 1,5 L h<sup>-1</sup>. As irrigações foram realizadas diariamente, com lâminas aplicadas a partir da evapotranspiração da cultura (ALLEN et al., 2006), aplicando um total de 922,44 mm ha<sup>-1</sup> e 946,90 mm ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para S1 e S2. A água utilizada na irrigação apresentou as

seguintes características: pH = 7,1; CE = 0,61 dSm<sup>-1</sup>; 0,65, 1,73, 2,50, 1,90, 1,60, 0,0 e 4,00 mmolc L<sup>-1</sup> de K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Cl<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>-2</sup> e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, respectivamente, e SAR de 1,2 (mmol L<sup>-1</sup>)<sup>0,5</sup>.

A semeadura foi realizada manualmente, colocando-se duas a três sementes por cova de 2,0 cm de profundidade, espaçadas de 0,10 m x 0,06 m. O desbaste ocorreu aos 20 DAS observado a partir do surgimento da segunda folha verdadeira, deixando uma planta por cova. A irrigação foi suspensa aos 123 (S1) e 122 (S2) DAS, quando 70% das plantas encontravam-se tombadas, iniciando o processo de cura diretamente no solo. Após 22 e 14 dias da suspensão da irrigação para a S1 e S2, respectivamente, os bulbos foram colhidos e limpos, eliminando as folhas e raízes.

## **2.4 Variáveis Analisadas**

### **2.4.1 Matéria seca e acúmulo de S**

Matéria seca (MS) e acúmulo de S na planta (AS) (g planta<sup>-1</sup>) foram determinados a partir de 20 plantas por parcela na época da colheita, as quais foram fracionadas em folhas e bulbos, lavados, acondicionados separadamente em sacos de papel e postos para secar em estufa com circulação de ar forçada, com temperatura de 65° C, até atingir matéria constante.

A extração do S foi realizada por meio de digestão nítrica em forno de micro-ondas, conforme metodologia proposta pela Embrapa (2009), o teor de S foi determinado segundo Malavolta et al. (1997). Os resultados das análises forneceram os teores de S em cada fração a partir da multiplicação deste pela matéria seca, obtendo-se como produto a quantidade acumulada. O acúmulo total na planta (ATP) foi determinado pela soma dos acúmulos na parte aérea e bulbo.

### **2.4.2 Qualidade da cebola**

A firmeza de bulbo (FIRM), expressa em N, foi determinada a partir da leitura da resistência a penetração em 10 bulbos da área útil de cada parcela. Para isso, foi utilizado um “penetrômetro” de operação manual provido de um pistilo. As leituras foram realizadas perfurando o bulbo da cebola em lados opostos até o rompimento da casca.

O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado a partir do suco homogeneizado da cebola, filtrado em tecido 100% poliéster, e lidos em refratômetro digital (Palette PR-100; Atago, Fukaya-shi, Japão). Os resultados foram expressos em °Brix (AOAC, 2002).

Para a acidez titulável (AT), utilizou-se uma alíquota de 1 ml do suco do bulbo, diluído até o volume final de 49 ml de água destilada. Posteriormente, foram adicionadas três gotas de fenolftaleína 1%, e titulação até o ponto de viragem, com solução de NaOH (0,1N), previamente padronizada (AOAC, 2002). Os resultados foram expressos em mEq  $\text{H}_3\text{O}^+$   $100 \text{ g}^{-1}$  de suco.

A Relação SS/AT foi determinada pela divisão do teor de SS pela AT.

O teor de açúcares solúveis totais (AÇT) foi quantificado em triplicata, por meio do método da antrona (solução de antrona + ácido sulfúrico), descrito por Yemn Willis (1954).

A pungência do bulbo ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  de ácido pirúvico) foi determinada por quantificação de ácido pirúvico, usando o reagente 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH), conforme método descrito por Schwirmer; Weston (1961). A pungência foi classificada de acordo com Miguel (2005), em função da atividade da alinase, expressa em  $\mu\text{mol g}^{-1}$  de ácido pirúvico, em “muito suave” (0-2,9  $\mu\text{mol g}^{-1}$ ), “suave” (3,0-4,2  $\mu\text{mol g}^{-1}$ ), “levemente pungente” (4,3-5,5  $\mu\text{mol g}^{-1}$ ), “pungente” (5,6-6,3  $\mu\text{mol g}^{-1}$ ), “pungência forte” (6,4-6,9  $\mu\text{mol g}^{-1}$ ), “pungência muito forte” (7,0-7,9  $\mu\text{mol g}^{-1}$ ) e “picante” (8,0-10,0  $\mu\text{mol g}^{-1}$ ).

## 2.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância para ambos os experimentos e, quando observado efeito significativo, as médias foram comparadas pelo teste F a  $p \leq 5\%$  de probabilidade. Para comparar as duas safras agrícolas, foi aplicada a análise conjunta a partir da avaliação da homogeneidade de variância entre os dados de cada safra. A análise de regressão foi realizada para o fator dose de S, utilizando-se o programa SISVAR v5.3 (FERREIRA, 2011).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Matéria seca e acúmulo de S na planta

A interação entre os fatores cultivares, doses de S e safras foi significativa para as características matéria seca da folha, do bulbo e total, acúmulo de S na folha, no bulbo e total (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para matéria seca de folha (LDM), do bulbo (BDM), matéria seca total (TDM), acúmulos de S na folha (ASL), no bulbo (ASB) e acúmulo de S total (AST). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

F.V	GL	Quadrados médios					
		MSF	MSB	MST	ASF	ASB	AST
Bloco (safra)	6	0,118 <sup>ns</sup>	10,367 <sup>**</sup>	9,708 <sup>**</sup>	6,9E-0007 <sup>ns</sup>	3x 10 <sup>-5ns</sup>	3x10 <sup>-5ns</sup>
Safra (E)	1	7,623 <sup>**</sup>	414,299 <sup>**</sup>	534,407 <sup>**</sup>	9x10 <sup>-5**</sup>	0,0024 <sup>**</sup>	0,0015 <sup>**</sup>
Cultivar (C)	1	0,163 <sup>ns</sup>	1,768 <sup>ns</sup>	2,993 <sup>ns</sup>	3,1E-0007 <sup>ns</sup>	0,0022 <sup>**</sup>	0,0022 <sup>**</sup>
Dose (D)	6	0,221 <sup>*</sup>	8,184 <sup>**</sup>	10,021 <sup>**</sup>	4 x 10 <sup>-5**</sup>	2 x 10 <sup>-4**</sup>	4x10 <sup>-4**</sup>
E x C	1	0,025 <sup>ns</sup>	5,207 <sup>ns</sup>	5,957 <sup>ns</sup>	2 x 10 <sup>-6ns</sup>	8 x 10 <sup>-4**</sup>	9x10 <sup>-4**</sup>
E x D	6	0,215 <sup>*</sup>	2,067 <sup>ns</sup>	3,426 <sup>ns</sup>	8 x 10 <sup>-6**</sup>	6 x 10 <sup>-5**</sup>	9x10 <sup>-5**</sup>
C x D	6	0,089 <sup>ns</sup>	6,934 <sup>**</sup>	7,770 <sup>**</sup>	3 x 10 <sup>-6*</sup>	4x10 <sup>-5*</sup>	6x10 <sup>-5**</sup>
E x C x D	6	0,231 <sup>*</sup>	7,557 <sup>**</sup>	9,935 <sup>**</sup>	5 x 10 <sup>-6**</sup>	6x10 <sup>-5**</sup>	9x10 <sup>-5**</sup>
CV (%)		15,56	10,27	9,62	20,86	12,25	10,99

FV - Fonte de variação; GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; \*Significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade e <sup>ns</sup>Não significativo.

A MSF em função das doses de S para a cultivar Rio das Antas ajustou-se ao modelo quadrático, com máximos valores estimados de 2,3 g planta<sup>-1</sup> (S1) e 1,8 g planta<sup>-1</sup>(S2), nas doses de 33 e 35 kg ha<sup>-1</sup> de S, respectivamente (Figura 2A). Para a IPA 11, o comportamento foi linear, com máxima estimada de 2,49 g planta<sup>-1</sup> na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de S na S1. Na S2, não houve ajuste significativo de modelo, com média de 1,6 g planta<sup>-1</sup> (Figura 2B). Esses resultados relacionam-se aos benefícios do fornecimento adequado de S para a planta, pois doses baixas ou excessivas são prejudiciais ao seu crescimento e desenvolvimento da cultura.

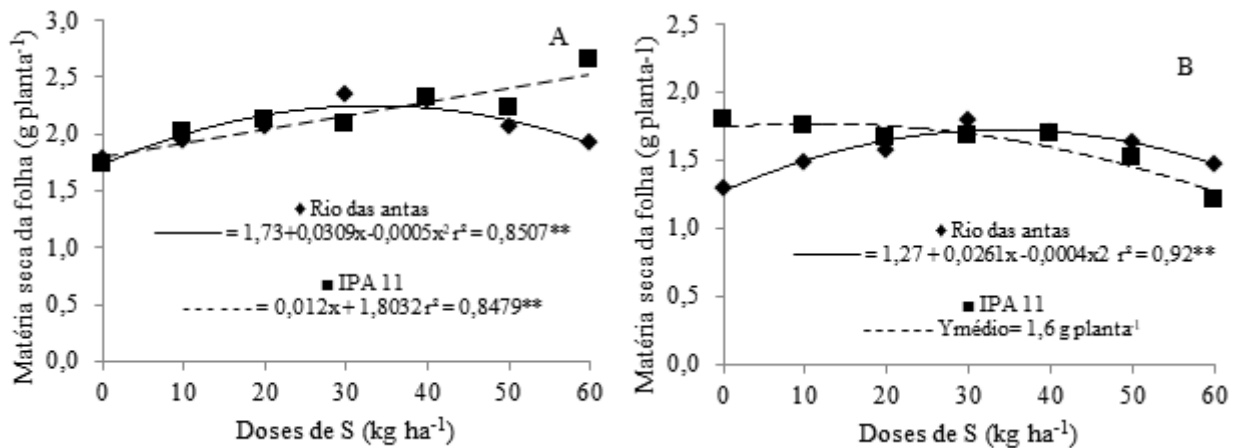


Figura 2. Matéria seca da folha em função das doses de S na E1 (A) e E2 (B), nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

Para Rathod et al. (2020), o aumento da MSF com a aplicação da adubação com S pode estar relacionado ao papel na síntese da clorofila e sua atuação no crescimento vegetativo. Mishu et al. (2013) observaram efeito significativo para a MSF ao estudar o efeito do S no crescimento, produtividade e atributos de rendimento, obtendo maior matéria seca da folha ( $4,25 \text{ g}^{-1} \text{ planta}$ ) aos 75 DAT, com a aplicação de  $40 \text{ kg S ha}^{-1}$ . Souza (2015), utilizando a cultivar Perfecta, obteve máxima MSF ( $6,05 \text{ g}^{-1} \text{ planta}$ ) com  $47 \text{ kg ha}^{-1} \text{ S}$ .

Para a MSB da cultivar Rio das Antas (Figura 3A e 3B), foram observados valores de  $15,43$  e  $11,6 \text{ g planta}^{-1}$ , obtidos com as doses  $24,3$  e  $27,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de S para as safras S1 e S2, respectivamente. Na cultivar IPA 11, a máxima MSB foi de  $16,0 \text{ g planta}^{-1}$  observada com  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de S, na S1. Na S2, o valor foi de  $11,1 \text{ g planta}^{-1}$ , quando aplicado  $13,2 \text{ kg ha}^{-1}$  de S.

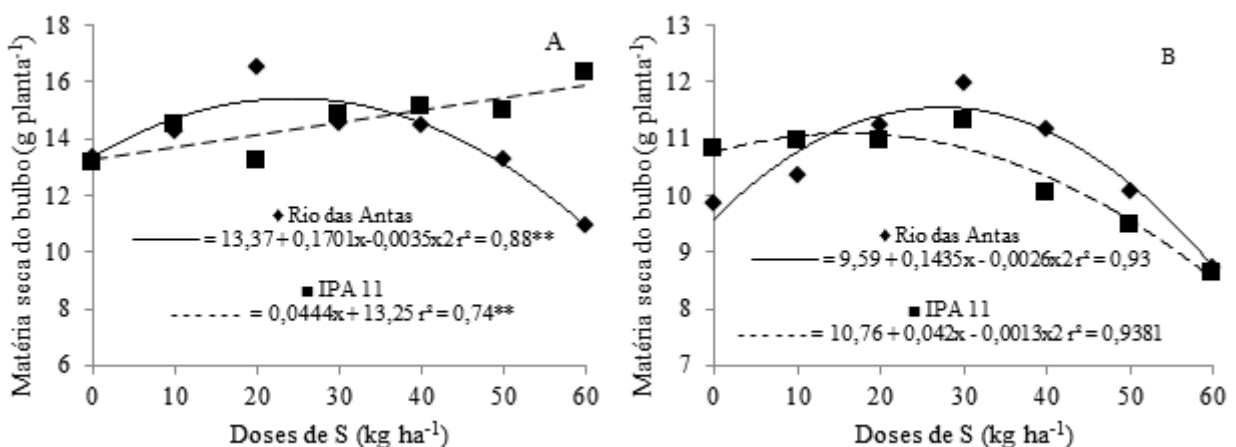


Figura 3. Matéria seca do bulbo em função das doses de S na Safrá 1 (A) e Safrá 2 (B), nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.



O S apresenta-se como o quarto elemento mais acumulado em cebola. Portanto, possui relação direta com o acúmulo de matéria nos bulbos, além disso o nutriente desempenha papel efetivo no crescimento das plantas em virtude da biossíntese de hormônios que induzem, por sua vez, a promoção do crescimento das plantas, ou seja, na divisão celular, atividade meristemática do tecido vegetal e expansão das células (PÔRTO et al., 2007; LAXMI et al., 2019).

O incremento da MSB em comparação à dose 0 kg ha<sup>-1</sup> foi de 13,3 e 16,6% para a cultivar Rio das Antas na S1 e S2, respectivamente. Para a IPA11, na S1, chegou a 24,4% na dose 60 kg ha<sup>-1</sup>. Esta característica tem implicações na qualidade dos bulbos, no tocante ao maior tempo de prateleira, bulbos mais firmes e resistentes ao transporte e à industrialização da cebola, principalmente em comparação aos alimentos desidratados.

Os resultados observados por Mishu et al. (2013) em solo com baixo teor de S, foram inferiores aos encontrados no presente trabalho, com média para MSB de 9,98 g<sup>-1</sup> planta na dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de S. Porém, o incremento em relação à ausência de S chegou a 97,2%.

A MST na cultivar Rio das Antas apresentou comportamento semelhante à MSF e MSB, com máximos estimados obtidos nas doses de 25 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de S, com valores de 16,8 e 13,2 g planta<sup>-1</sup> respectivamente, para as safras S1 e S2 (Figura 4A e 4B). Em comparação ao tratamento sem aplicação de S, os incrementos foram de 11,2 e 18,2%, respectivamente, nas S1 e S2. Cipriano (2017) observou maior incremento na MST (29%) em relação à dose 0 kg ha<sup>-1</sup> de S quando aplicado 80 kg ha<sup>-1</sup> de S em casa de vegetação, em solos de textura média e alto teor de S.

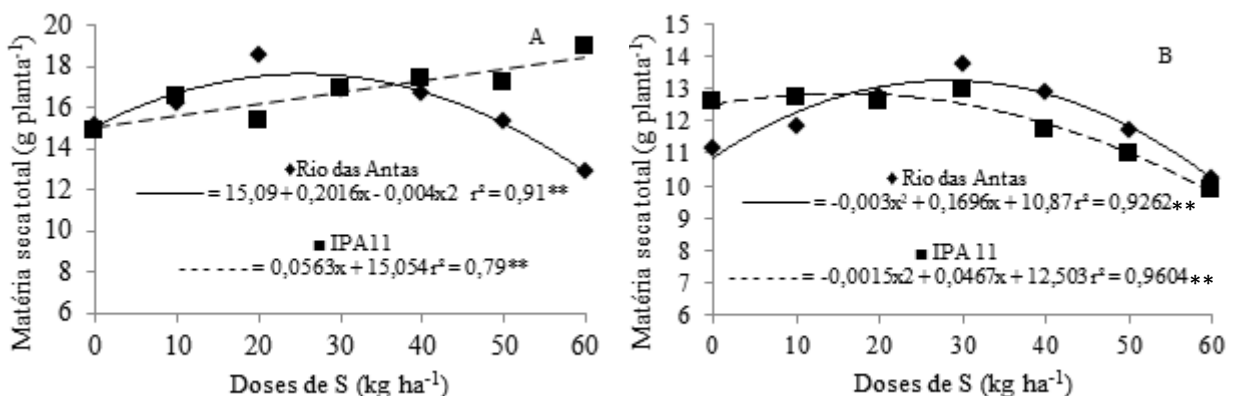


Figura 4. Matéria seca total do bulbo em função das doses de S na safra 1 (A) e safra 2 (B), nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

A contribuição média da MSF na produção de MST foi na ordem de 13,7 e 13,6%, para S1 e S2. Por outro lado, a contribuição da MSB foi de 86,3 e 86,4% da MST para S1 e S2, respectivamente.

Valores próximos foram observados por Pôrto et al. (2007), que obtiveram produção de 20% para a parte aérea e 80% para o bulbo. Por sua vez, Vidigal et al. (2002) obtiveram produção MSF de 36% e do bulbo de 64%.

A maior contribuição de MS no bulbo a partir da aplicação do S é um atributo bastante desejado, tendo impactos relevantes na indústria de alimentos desidratados, na pós-colheita e no transporte da cebola, conferindo maior firmeza e tempo de prateleira. Para a região Mossoroense, esses atributos são essenciais, uma vez que grande parte da cebola produzida é escoada para várias outras regiões.

MSF, MSB e MST na S1 foram superiores estatisticamente a S2, em todas as doses de S, exceto para a MSF na cultivar IPA 11, nas doses de 0 e 10 kg ha<sup>-1</sup> de S, que não diferiu significativamente (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios de matéria seca da folha (MSF), do bulbo (MSB) e total (MST) em função de cultivares de cebola, doses de S e safras de plantio. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

Dose (kg ha <sup>-1</sup> )	Saфра	MSF (g planta <sup>-1</sup> )		MSB (g planta <sup>-1</sup> )		MST (g planta <sup>-1</sup> )	
		Rio das Antas	IPA 11	Rio das Antas	IPA11	Rio das Antas	IPA 11
0	1	1,78 Aa <sup>1</sup>	1,73 Aa	13,35 Aa	13,15 Aa	15,14 Aa	14,88 Aa
	2	1,29 Bb	1,79 Aa	09,86 Ba	10,79 Ba	11,16 Ba	12,58 Ba
10	1	1,93 Aa	2,01 Aa	14,27 Aa	14,47 Aa	16,21 Aa	16,94 Aa
	2	1,49 Ba	1,75 Aa	10,33 Ba	10,95 Ba	11,82 Ba	12,71 Ba
20	1	2,05 Aa	2,12 Aa	16,50 Aa	13,22 Aa	18,56 Aa	15,34 Ab
	2	1,57 Ba	1,65 Ba	11,22 Ba	10,94 Ba	12,79 Ba	12,60 Ba
30	1	2,35 Aa	2,09 Aa	14,53 Aa	14,80 Aa	16,89 Aa	16,89 Aa
	2	1,80 Ba	1,67 Ba	11,96 Ba	11,30 Ba	13,76 Ba	12,98 Ba
40	1	2,29 Aa	2,31 Aa	14,44 Aa	15,11 Aa	16,74 Aa	17,42 Aa
	2	1,70 Ba	1,68 Ba	11,17 Ba	10,04 Ba	12,88 Ba	11,73 Ba
50	1	2,05 Aa	2,22 Aa	13,25 Aa	14,96 Aa	15,31 Aa	17,19 Aa
	2	1,63 Ba	1,51 Ba	10,08 Ba	09,46 Ba	11,70 Ba	10,97 Ba
60	1	1,92 Ab	2,65 Aa	10,93 Ab	16,33 Aa	12,85 Ab	18,98 Aa
	2	1,46 Ba	1,21 Ba	08,74 Ba	08,62 Ba	10,20 Ba	9,83 Ba

<sup>1</sup>Para cada característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Alguns fatores podem ter influenciado os maiores valores registrados na S1 para as características de MS, como, por exemplo, a maior permanência da cebola em campo na S1 (145 DAS) e S2 (136 DAS). Outro fator observado foi a incidência maior de tripes (*Trips*

*tabaci*) e ácaros (*Tetranychus ludeni*) na S2. Mishu et al. (2013) afirmaram que o aumento na produção total de matéria seca de uma cultura depende do tamanho do sistema fotossintético e da duração do período de crescimento.

Os máximos ASF (Figuras 5A e 5B) para a cultivar Rio das Antas, em ambas as safras (S1 e S3), foram de 0,008 e 0,006 g planta<sup>-1</sup>, nas doses de 45 e 49 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para S1 e S2. Na cultivar IPA 11, o máximo ASF foi de 0,011 g planta<sup>-1</sup> na dose máxima aplicada (60 kg ha<sup>-1</sup>), na S1. Por outro lado, não houve ajuste de nenhum modelo de regressão na S2, com média de 0,0043 g planta<sup>-1</sup>.

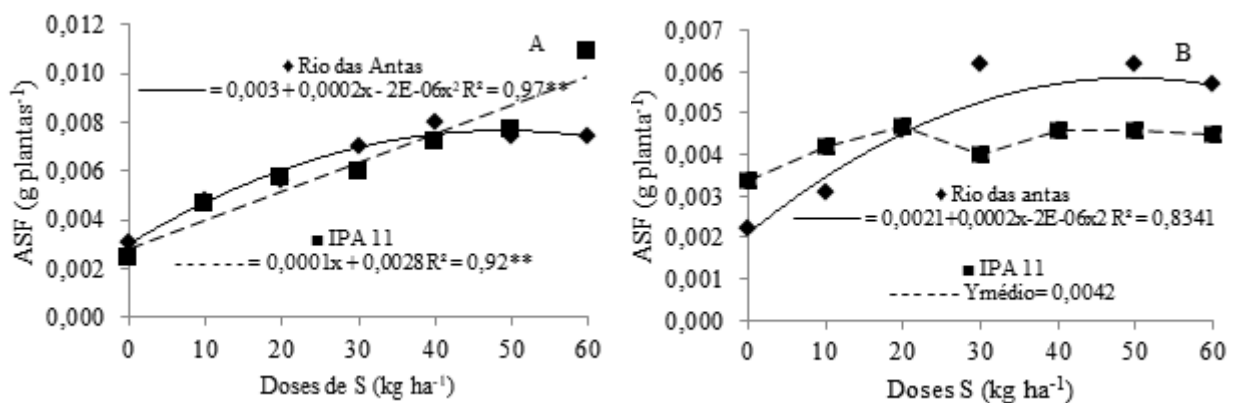


Figura 5. Acúmulo de S na folha em função das doses de S na safra 1 (A) e safra 2 (B), nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

Nasreen; Huq (2005) relataram incremento no ASF com a dose de 45 kg ha<sup>-1</sup> de S, até 45 DAT, diminuindo com o avanço da idade da cultura. No entanto, a diminuição do ASF proporcionou aumento no ASB nas fases posteriores, chegando a 165% em comparação à testemunha. Esse comportamento pode se dever à maior disponibilidade de S aplicado, favorecendo a maior absorção e translocação para os bulbos. Thangasamy et al. (2013) obtiveram aumento no ASF de cebola de dias curtos com o aumento dos níveis de S até 50 kg ha<sup>-1</sup>. O incremento em relação à dose 0 kg ha<sup>-1</sup> de S chegou a 45,9 e 75,9% em duas safras, respectivamente.

Os ASB na S1 foram de 0,022 e 0,044 g planta<sup>-1</sup> para Rio das Antas e IPA 11, respectivamente, na dose 60 kg ha<sup>-1</sup> de S (Figura 6A). Na S2, os máximos estimados foram de 0,039 e 0,041 g planta<sup>-1</sup> nas doses de 40,3 e 30,3 kg ha<sup>-1</sup> de S para Rio das Antas e IPA 11, respectivamente (Figura 6B).

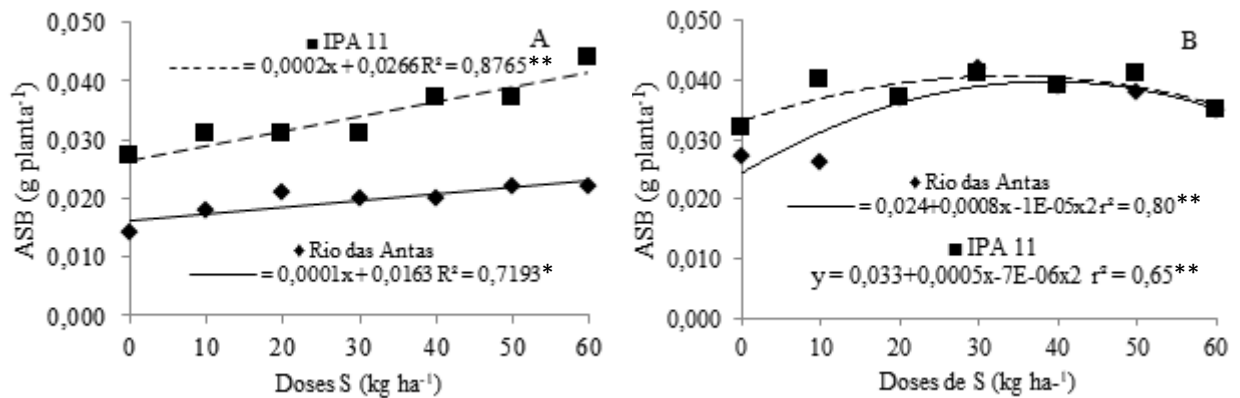


Figura 6. Acúmulo de S no bulbo em função das doses de S na safra 1 (A) e safra 2 (B), nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

O aumento do ASB pode estar associado à fase de maior desenvolvimento fotossintético, permitindo adequada translocação e partição de fotoassimilados, resultante em maior tamanho de bulbo e aumento da matéria seca. De acordo com Pôrto et al. (2007), a cebola é uma planta exigente em S, que geralmente é o terceiro ou quarto em ordem decrescente de acúmulo.

Pôrto et al. (2007), avaliando o acúmulo de macronutrientes na cebola “Superex”, observaram acúmulo da ordem de 73,47 mg planta<sup>-1</sup> de S, sendo que 81% acumulou-se no bulbo. No presente trabalho, também se observou maior acúmulo de S no bulbo, com valores aproximados de 74 e 80% para Rio das Antas e IPA 11 na S1, respectivamente. Na S2, essa relação foi mais expressiva, chegando a 87,0 e 91,0% para Rio das Antas e IPA 11, respectivamente.

Nivetha et al. (2020) observaram máximo incremento na absorção de S (79,82%) na dose 40 kg ha<sup>-1</sup> de S em relação ao controle (0 kg ha<sup>-1</sup> de S) em solo com baixo teor deste nutriente na Índia.

As quantidades extraídas e exportadas de S variam conforme o genótipo, solo, clima, dentre outros fatores. Noda (2018), estudando o acúmulo de nutrientes em híbridos de cebola, observou que as quantidades exportadas em ambos os materiais utilizados apresentaram elevada eficiência na conversão de nutrientes para formação de bulbos com valores aproximados de 90 e 92% para os materiais 4241 e 4243 da Sakata Seed Sudamerica, respectivamente, em solo de textura argilosa e com alto teor de S.

Os máximos acúmulos de S total (AST) na E1 foram de 0,028 e 0,055 g planta<sup>-1</sup> obtidos nas doses de 45,5 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de S, respectivamente, para as cultivares Rio das Antas e IPA 11 (Figura 7A). Na E2, os máximos estimados foram de 0,039 e 0,041 g planta<sup>-1</sup> nas doses de 40,3 e 30,3 kg ha<sup>-1</sup> de S para Rio das Antas e IPA 11, respectivamente (Figura 7B).

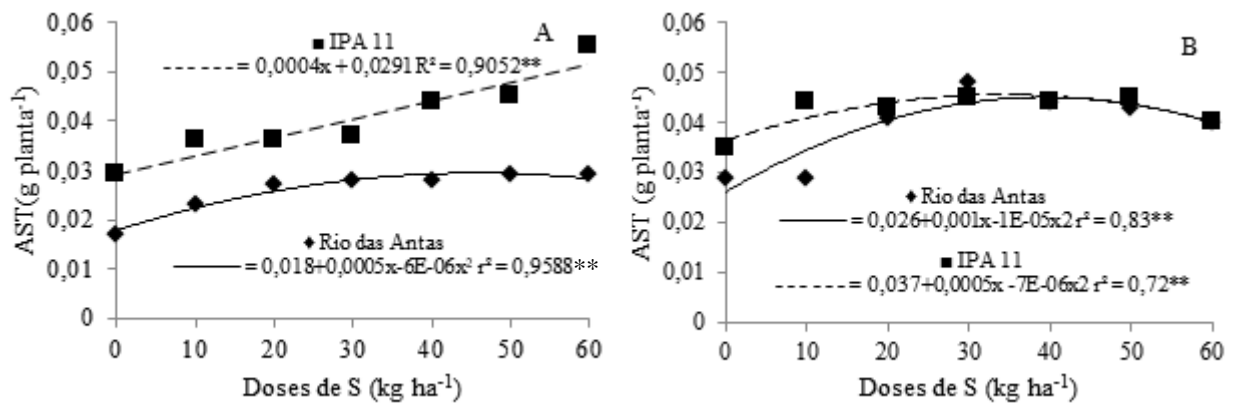


Figura 7. Acúmulo de S total em função das doses de S na safra 1 (A) e safra 2 (B), nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

As médias de ASF das cultivares Rio das Antas e IPA11 (Tabela 4) não diferiram estatisticamente na S1, exceto na dose 60 kg ha<sup>-1</sup> S, em que a IPA11 foi superior. Na S2, a cultivar Rio das Antas foi estatisticamente superior nas doses 30 e 50 kg ha<sup>-1</sup> de S, em relação à IPA 11, e nas demais doses não houve diferença significativa.

Tabela 4. Valores médios de acúmulo de S na folha (ASF), acúmulo de S no bulbo (ASB) e acúmulo de S total (AST) em função de cultivares de cebola, doses de S e safras de plantio. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

Dose (kg ha <sup>-1</sup> )	Safrinha	ASF (g planta <sup>-1</sup> )		ASB (g planta <sup>-1</sup> )		AST (g planta <sup>-1</sup> )	
		Rio das Antas	IPA 11	Rio das Antas	IPA11	Rio das Antas	IPA11
0	1	0,0031 Aa <sup>1</sup>	0,0024 Aa	0,015 Bb	0,027 Aa	0,018 Ab	0,029 Aa
	2	0,0021 Aa	0,0034 Aa	0,027 Aa	0,032 Aa	0,029 Bb	0,035 Aa
10	1	0,0049 Aa	0,0046 Aa	0,018 Bb	0,031 Ba	0,023 Ab	0,036 Ba
	2	0,0031 Ba	0,0042 Aa	0,026 Ab	0,041 Aa	0,029 Ab	0,045 Aa
20	1	0,0056 Aa	0,0057 Aa	0,022 Bb	0,031 Ba	0,027 Bb	0,037 Aa
	2	0,0046 Aa	0,0047 Aa	0,036 Aa	0,037 Aa	0,041 Aa	0,042 Aa
30	1	0,0070 Aa	0,0060 Aa	0,021 Bb	0,032 Ba	0,027 Bb	0,038 Aa
	2	0,0063 Aa	0,0041 Bb	0,041 Aa	0,042 Aa	0,046 Aa	0,048 Ba
40	1	0,0080 Aa	0,0072 Aa	0,019 Bb	0,037 Aa	0,027 Bb	0,044 Aa
	2	0,0047 Ba	0,0046 Ba	0,039 Aa	0,039 Aa	0,044 Aa	0,045 Aa
50	1	0,0074 Aa	0,0077 Aa	0,022 Bb	0,037 Aa	0,029 Bb	0,045 Aa
	2	0,0063 Aa	0,0046 Bb	0,037 Aa	0,041 Aa	0,044 Aa	0,045 Aa
60	1	0,0074 Ab	0,011 Aa	0,022 Bb	0,044 Aa	0,029 Bb	0,055 Aa
	2	0,0057 Ba	0,0045 Ba	0,035 Aa	0,036 Ba	0,040 Aa	0,040 Ba

<sup>1</sup>Para cada característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A cultivar IPA 11 acumulou mais S no bulbo do que a Rio das Antas (Tabela 4), diferenciando em todas as doses na S1, exceto na dose 60 kg ha<sup>-1</sup> S, que não registrou

diferença significativa. Na safra 2, houve diferença significativa apenas na dose de 10 kg ha<sup>-1</sup> de S.

O AST também foi superior para a cultivar IPA 11, diferenciando estatisticamente em todas as doses na S1. Na S2, apesar das maiores médias serem observadas na IPA 11, houve diferença estatística apenas na dose 0 e 10 kg ha<sup>-1</sup> de S (Tabela 4).

Segundo Gonçalves et al. (2017), as quantidades de S exportadas por cebola em trabalhos no Brasil variam de acordo com a cultivar e o tipo de solo. Pôrto et al. (2006, 2007) observaram nos híbridos Optima e Superex exportações de S pelo bulbo de 21,9 kg ha<sup>-1</sup> e 25 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. Na cultivar de verão Alfa Tropical, os bulbos de cebola exportaram 45,25 kg ha<sup>-1</sup> e 12,29 kg ha<sup>-1</sup> de S, respectivamente, para a semeadura direta e transplântio por mudas, em solo franco argilo-arenoso (VIDIGAL et al., 2010).

### 3.2 Qualidade dos bulbos de cebola

A interação entre os fatores cultivar, doses de S e safras de plantio foi significativa apenas para açúcares solúveis (AS). Para firmeza (FIRM), pungência (PUNG), potencial hidrogeniônico (pH) e relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT), houve efeito significativo da interação cultivar e doses de S. Para a pungência, acidez titulável, sólidos solúveis e relação SS/AT, foi significativa a interação safra e cultivar (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para as características de firmeza (FIRM), pungência (PUNG), potencial hidrogeniônico (PH), acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) e açúcares solúveis totais (AÇT). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

F.V	GL	Quadrados médios						
		FIRM	PUNG	PH	AT	SS	SS/AT	AÇT
Bloco (Safra)	6	59,37*	0,21 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	0,003**	0,108 <sup>ns</sup>	28,315**	0,021**
Safra (S)	1	184,55**	0,32 <sup>ns</sup>	0,407**	0,010**	3,095**	137,24**	7,2X10-5 <sup>ns</sup>
Cultivar (C)	1	447,08**	121,70**	0,002 <sup>ns</sup>	0,164**	84,29**	102,38**	8,9E-0007 <sup>ns</sup>
Dose de S (D)	6	100,03**	4,59**	0,011**	0,002 <sup>ns</sup>	0,181 <sup>ns</sup>	16,503 <sup>ns</sup>	0,016*
S x C	1	30,90 <sup>ns</sup>	1,60*	0,008 <sup>ns</sup>	0,007**	2,647**	162,34**	0,026*
S x D	6	44,28 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,324 <sup>ns</sup>	20,36*	0,024**
C x D	6	99,31**	3,01**	0,015**	0,002 <sup>ns</sup>	0,116 <sup>ns</sup>	19,61*	0,044**
S x C x D	6	38,76 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,241 <sup>ns</sup>	12,31 <sup>ns</sup>	0,031**
CV (%)	-	8,70	10,05	0,83	9,73	6,27	9,35	18,43

FV - fonte de variação; GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; \*Significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade e <sup>ns</sup>Não significativo.

Na cultivar Rio das Antas, a máxima FIRM (55,0 N) foi obtida com a dose de 35 kg ha<sup>-1</sup> de S. Para a IPA 11, não se ajustou nenhum modelo matemático, com média de 56,31 N (Figura 8). A IPA 11 apresentou bulbos mais firmes, se diferenciando estatisticamente em todas as doses, exceto na ausência da adubação com S, em que não houve diferença significativa (Tabela 6).

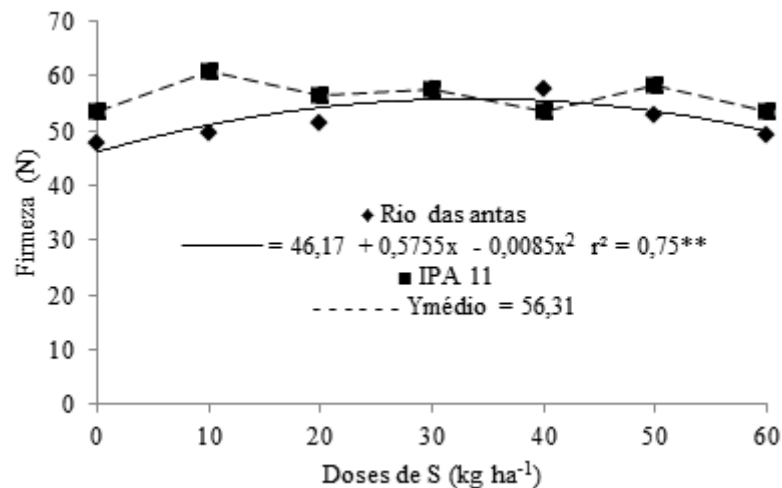


Figura 8. Firmeza de bulbos em função das doses de S nas cultivares de cebola Rio das Antas (◆) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

Tabela 6. Valores médios de firmeza (FIRM), relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT), potencial hidrogeniônico (PH) e pungência (PUN), em cultivares de cebola em função das doses de S. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

Dose (kg ha <sup>-1</sup> )	Firmeza (N)		Relação SS/AT		pH		Pungência (μmolg <sup>-1</sup> ácido pirúvico)	
	Rio das Antas	IPA 11	Rio das Antas	IPA 11	Rio das Antas	IPA 11	Rio das Antas	IPA 11
0	47,89 b <sup>1</sup>	53,53 a	33,44 a	30,72 a	5,39 b	5,45 a	4,27 b	4,92 a
10	49,43 b	61,07 a	32,57 a	27,65 b	5,41 a	5,45 a	4,54 b	5,97 a
20	51,25 b	56,49 a	31,92 a	28,99 b	5,49 a	5,44 b	4,20 b	6,32 a
30	57,56 a	57,79 a	31,62 a	29,53 a	5,52 a	5,47 b	4,40 b	6,57 a
40	53,60 a	57,70 a	30,34 a	29,43 a	5,51 a	5,43 b	4,64 b	6,81 a
50	52,82 b	58,52 a	30,171a	27,88 a	5,47 a	5,44 a	4,51 b	7,18 a
60	49,35 b	53,44 a	30,27 a	28,18 a	5,40 b	5,47 a	4,59 b	7,97 a

<sup>1</sup>Para cada característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A maior FIRM de bulbos de cebola confere resistência ao transporte e maior conservação pós-colheita. Além das características genéticas, a nutrição da planta, a disponibilidade de água no solo e o estágio de maturação afetam essa característica.

Na cultivar IPA 11, houve aumento linear da PUNG, em função da aplicação de S, com máximo de  $7,96 \mu\text{mol g}^{-1}$  de ácido pirúvico, na dose de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de S. Para Rio das Antas não se ajustou modelo de regressão, com média de  $4,46 \mu\text{mol g}^{-1}$  de ácido pirúvico (Figura 9). Os presentes resultados podem ser explicados pelo fato do mecanismo de produção de pungência envolver o uso do S, ou seja, este nutriente está presente na constituição de aminoácidos responsáveis pelo aroma característico da cebola (TRANI; BREDA JÚNIOR; FACTOR, 2014).

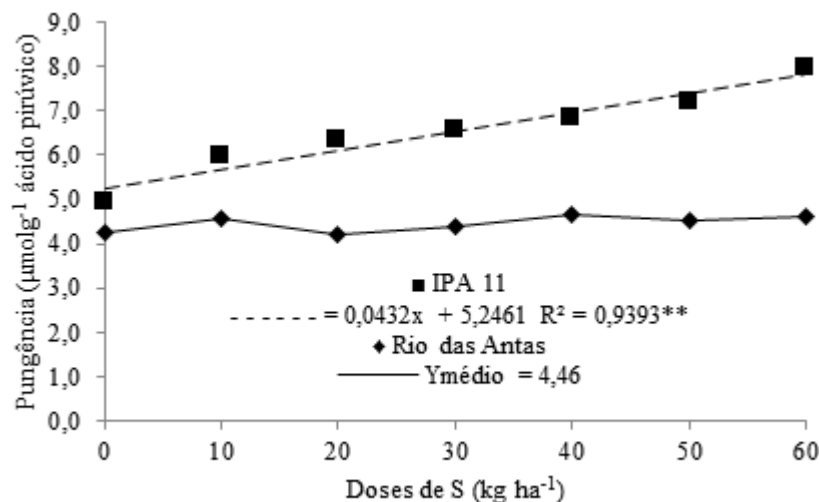


Figura 9. Pungência de bulbos em função das doses de S nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

O incremento de ácido pirúvico na cultivar IPA 11 foi de 62,2% em relação à dose  $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de S, fazendo com que a pungência dos bulbos aumentasse de  $4,92 \mu\text{mol g}^{-1}$  ácido pirúvico (levemente pungente) para  $7,96 \mu\text{mol g}^{-1}$  de ácido pirúvico (pungência muito forte).

Thangasamy et al. (2013) observaram aumentos de  $3,74 \mu\text{mol g}^{-1}$  para  $4,58 \mu\text{mol g}^{-1}$  nas doses de 0 para  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de S em cebola. Mondal et al. (2020) relataram teor máximo de ácido pirúvico nos bulbos de cebola com a aplicação de 40 e  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de S. Nivetha et al. (2020) encontraram a maior quantidade de ácido pirúvico ( $2,51 \mu\text{mol g}^{-1}$ ) no bulbo quando aplicada a dose de  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de S.

A PUNG dos bulbos foi superior na cultivar IPA 11 em comparação à Rio das Antas em todas as doses (Tabela 6), assim como o maior ASB. Esses resultados estão ligados à regulação da pungência pelas cultivares envolvidas, pois, apesar do mecanismo de produção de pungência envolver o S e a síntese de precursores de sabor, estudos comprovam que a



pungência também é regulada por fatores genéticos. Para Schunemann et al. (2006), a síntese de precursores aromáticos da cebola é regulada, em grande parte, pela cultivar utilizada.

Nota-se que o fator genético pode ter sido decisivo para essa característica, pois a cultivar híbrida Rio das Antas caracteriza-se por se apresentar pouco pungente. Segundo McCallum et al. (2001), o fornecimento de S implica no aumento da pungência na cebola até o limite controlado geneticamente. Yoo et al. (2006), avaliando a pungência em cultivares de cebola, observaram regulação de até 81% da expressão da pungência. Santos et al. (2019) observaram efeito do S em cultivares de cebola, constatando que todos os materiais apresentaram, na presença de S ( $64 \text{ kg ha}^{-1}$  de S), teores de ácido pirúvico acima de  $5,0 \mu\text{mol mL}^{-1}$ , exceto na cultivar Fernanda F1, que obteve valor de  $3,6 \mu\text{mol mL}^{-1}$ . Gonçalves et al. (2019a), avaliando cultivares de cebola, encontraram maior pungência na cultivar IPA 11 ( $6,56 \mu\text{mol g}^{-1}$ ) quando comparado à Rio das Antas ( $5,57 \mu\text{mol g}^{-1}$ ).

O pH em função das doses de S na cultivar Rio das Antas ajustou-se ao modelo de regressão quadrático (Figura 10), proporcionando incremento no pH até a dose estimada de  $32 \text{ kg ha}^{-1}$  de S com valores de pH de 5,51. Para a IPA 11, não houve equação que se ajustasse aos dados, apresentando valor médio de pH de 5,45. O pH dos bulbos foi superior na cultivar Rio das Antas em relação à IPA 11, diferenciando estatisticamente na maioria das doses de S, exceto nas doses 0 e  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de S, onde se observou maiores valores para a cultivar IPA 11 (Tabela 6). O pH é um indicativo importante do sabor com relação inversa à acidez total. Entretanto, dependendo da intensidade do tamponamento, podem ocorrer grandes variações na acidez total, sem grandes variações no pH.

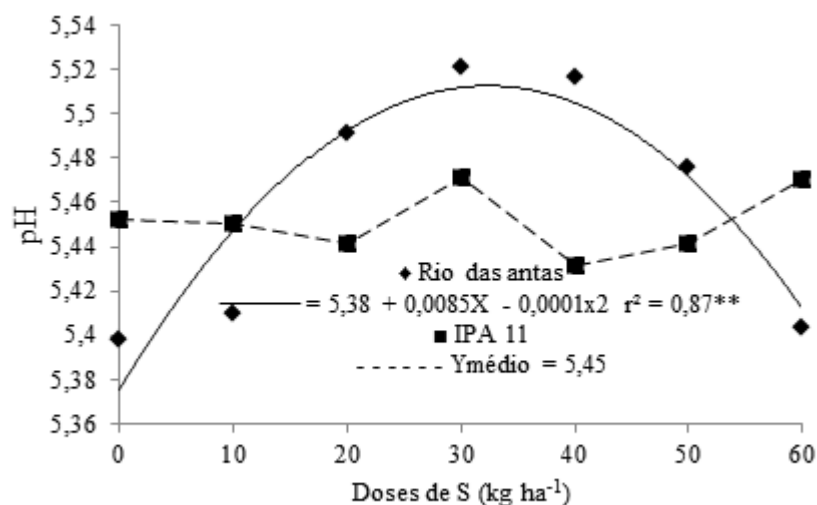


Figura 10. Potencial hidrogeniônico (pH) de bulbos em função das doses de S nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFRSA, 2021.

Valores elevados de pH indicam menor disponibilidade de tempo de armazenamento. Valores baixos de pH podem estar associados à ocorrência de repouso e dormência dos bulbos e, portanto, contribui para aumento no tempo de armazenamento. Corroborando com os resultados do presente trabalho, Rodrigues et al. (2020) observaram que as cultivares de cebola responderam diferente à adubação com S na Bella Catarina, obtendo aumento nos valores de pH dos bulbos quando submetida à adubação com 80 kg ha<sup>-1</sup> de S, com valor de 5,57. Por outro lado, doses crescentes de S proporcionaram menor valor de pH para a cultivar Bela Vista, de 5,3.

Para os sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT), a IPA 11 foi estatisticamente superior à Rio das Antas, em ambas as safras de cultivo (Tabela 7).

Tabela 7. Valores médios de acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e relação sólidos solúveis acidez titulável (SS/AT), de cultivares de cebola em função dos experimentos. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

Cultivar	SS (° Brix)		AT (mEq H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> 100 g <sup>-1</sup> )		SS/AT	
	Saфра		Saфра		Saфра	
	1	2	1	2	1	2
Rio das Antas	7,94 Ba	8,02 Ba	0,25 Ba	0,26 Ba	31,06 Aa	31,25 Aa
IPA 11	9,98 Aa	9,34 Ab	0,31 Ab	0,35 Aa	31,55 Aa	26,93 Bb

<sup>1</sup>Para cada característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Segundo Carvalho (1980), os valores obtidos no presente estudo encontram-se dentro da faixa verificada em bulbos de cebola (5 a 20 °Brix). Os valores de SS da cultivar IPA 11 foram próximos ao observado por Grangeiro et al. (2008). Para Lima et al. (2019), as diferenças em SS e AT entre cultivares podem estar ligadas às características genéticas do material, assim como do ambiente de cultivo.

A maior AT da cultivar IPA 11 (0,31-S1 e 0,35-S2) favoreceu também a maior AT em ambas as safras (S1 e S2). Segundo Resende et al. (2010), a acidez elevada está ligada aos teores de ácidos orgânicos presentes na polpa, parâmetro utilizado para expressar a porcentagem de ácido pirúvico utilizado para medir o grau de pungência.

A acidez em produtos vegetais é um fator importante, na medida em que maior AT favorece as melhores características para a indústria. AT é atribuída a ácidos orgânicos dissolvidos nos vacúolos celulares em formas livres e combinada, como sais, ésteres e glicosídeos (CHAGAS et al., 2003; BESSA et al., 2017).

De acordo com Chitarra; Chitarra (2005) e Resende et al. (2010), há uma relação inversa entre pH e acidez total dos bulbos, sendo esta dependente da intensidade do tamponamento.

A relação SS/AT foi superior na S1 (31,55) para a cultivar IPA 11, com resultados superiores em 15% aos da S2 (Tabela 7). Estes resultados são reflexos do comportamento apresentado pela IPA 11 nas características anteriores (SS e AT). Esta característica é uma das melhores formas de avaliar o sabor. Valores elevados da relação SS/AT podem mostrar que os bulbos são mais doces, tendo uma representação maior, até mesmo que a medição isolada desses fatores. Porém, os baixos teores de ácidos e sólidos solúveis, elevando a relação SS/AT, podem conduzir a interpretações erradas a respeito da qualidade do produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005; KLUGE, 2002).

Teores acima de 30% são considerados altos e de grande aceitação para processamento industrial, resultando em maiores rendimentos (BESSA et al., 2017). Os conteúdos de SS/AT das cultivares de cebola foram semelhantes entre si, tendo apresentado em ambas as safras valores acima de 30%, exceto para a IPA 11 na S2 (26,93), o que pode estar ligado à maior incidência de tripses (*Trips tabaci*) e ácaros (*Tetranychus ludeni*), resultando em uma possível diminuição das taxas fotossintéticas.

Na S2, a SS/AT diminuiu com as doses de S, com máximo estimado de 32,03, obtido na ausência da adubação com este nutriente. Na S1, não foi ajustado modelo de regressão e a média foi de 31,3 (Figura 11).

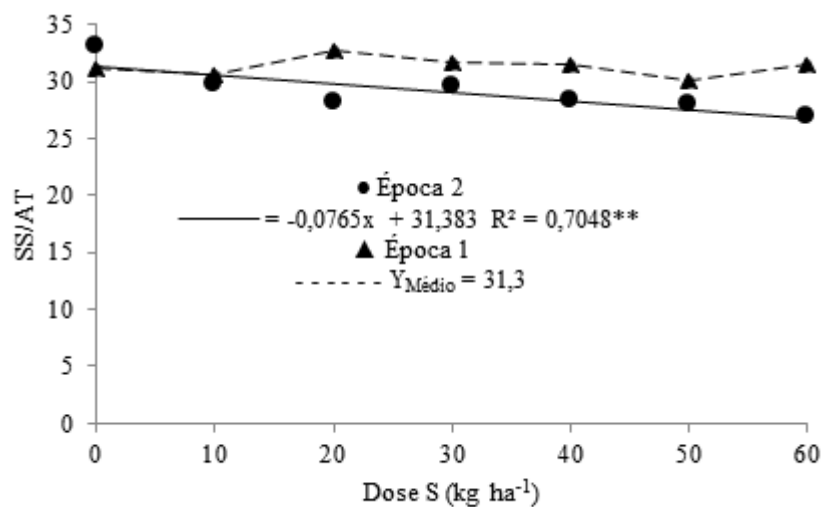


Figura 11. Relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) em função das doses de S e safra 1 (●) e safra 2 (▲).

A SS/AT na cultivar Rio das Antas apresentou comportamento linear, com máxima estimada de 33,5 na ausência da adubação com S. Para a cultivar IPA 11, não houve ajuste matemático, apresentando média de 29,24 (Figura 12). A cultivar Rio das Antas foi estatisticamente superior à IPA 11 nas doses de 10 e 20 kg ha<sup>-1</sup> S (Tabela 6).

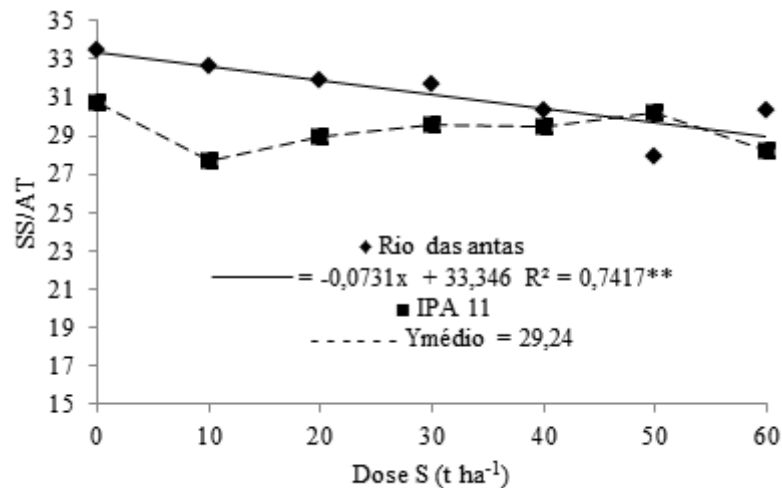


Figura 12. Relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) em função das doses de S nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

Os teores de açúcares solúveis totais (AÇT) na S1 foram de 0,5 e 0,6 mg mL<sup>-1</sup>, obtidos com as doses de 20 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de S, respectivamente, para as cultivares IPA 11 e Rio das Antas. Na S2, os teores de AÇT foram de 0,51 e 0,47 mg mL<sup>-1</sup>, obtidos com as doses de 26,5 e 25,8 kg ha<sup>-1</sup> de S para Rio das Antas e IPA 11, respectivamente (Figura 13).

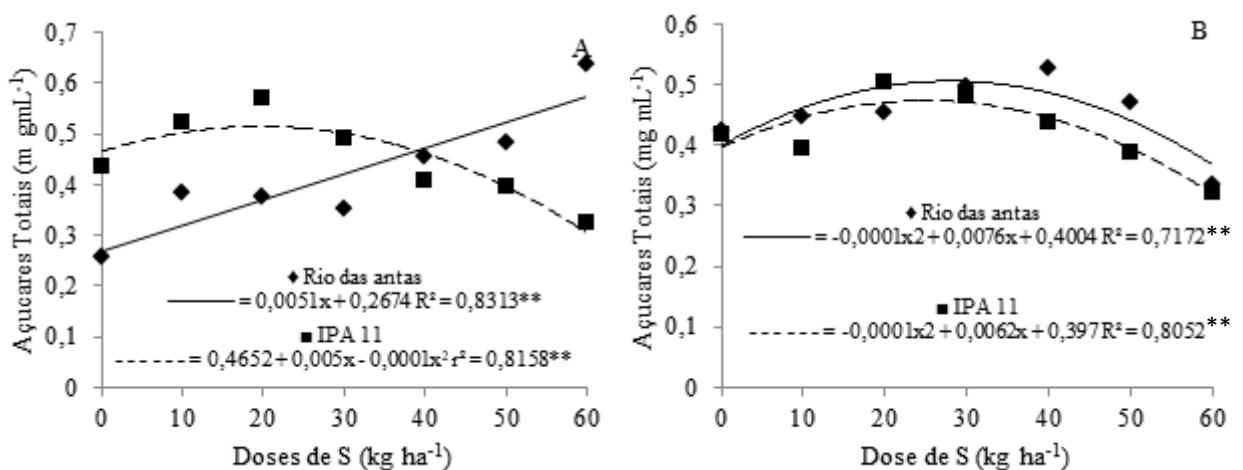


Figura 13. Açúcares solúveis totais em função das doses de S nas cultivares de cebola Rio das Antas (♦) e IPA11 (■). Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

Na S1, a cultivar IPA 11 se diferenciou estatisticamente da Rio das Antas em todas as doses, exceto na de 60 kg ha<sup>-1</sup> de S, na qual Rio das Antas foi superior. Na S2, não foi observada diferença significativa entre as cultivares em nenhuma dose (Tabela 8).

Tabela 8. Valores médios de açúcares solúveis totais (AÇT) em função de cultivares de cebola, doses de S e safras de plantio. Mossoró, RN. UFERSA, 2021.

Dose (kg ha <sup>-1</sup> )	Saфра	AÇT	
		Rio das Antas	IPA 11
0	1	0,256 Bb	0,437 Aa
	2	0,426 Aa	0,417 Aa
10	1	0,383 Ab	0,521 Aa
	2	0,448 Aa	0,395 Ba
20	1	0,374 Ab	0,569 Aa
	2	0,455 Aa	0,504 Aa
30	1	0,352 Bb	0,491 Aa
	2	0,499 Aa	0,481 Aa
40	1	0,456 Aa	0,406 Aa
	2	0,527 Aa	0,438 Aa
50	1	0,484 Aa	0,397 Aa
	2	0,472 Aa	0,389 Aa
60	1	0,637 Aa	0,325 Ab
	2	0,335 Ba	0,322 Aa

<sup>1</sup>Para cada característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As reduções nos teores AÇT, a partir das doses estimadas, provavelmente se deveram ao efeito de diluição, uma vez que o aumento de doses de S proporcionou incremento na produção de bulbos de maior tamanho e, conseqüentemente, maior diluição. Mondal et al. (2020) encontraram máximo teor de açúcares totais de 6,7 mg com aplicação de 60 kg ha<sup>-1</sup> de S, superando a dose 0 kg ha<sup>-1</sup> de S em 109%.

#### 4 CONCLUSÕES

A adubação com S influencia a qualidade da cebola Rio das Antas e IPA 11.

A aplicação de S aumenta a matéria seca das cultivares de cebola.

O emprego de  $35 \text{ kg ha}^{-1}$  de S resulta em maior firmeza do bulbo da cultivar IPA 11.

O fornecimento de S aumenta a pungência dos bulbos da cultivar IPA 11, atingindo a classe “muito forte” com  $60 \text{ kg ha}^{-1}$ .

A aplicação de S favorece os incrementos nos teores de pH e açúcares.

## REFERÊNCIAS

AGHAJANZADEH, T. A.; HAWKESFORD, M. J.; DE KOK L. J. Atmospheric H<sub>2</sub>S and SO<sub>2</sub> as sulfur sources for *Brassica juncea* and *Brassica rapa*: Regulation of sulfur uptake and assimilation. **Environmental and experimental botany**, Amsterdã, v. 124, p. 1-10, 2016.

AGHAJANZADEH, T. A.; REICH, M.; J. R.; HAWKESFORD, M. J.; M.; BUROW, M. Sulfur metabolism in *Allium cepa* is hardly affected by chloride and sulfate salinity. **Archives of agronomy and soil Science**, United Kingdom, v. 65, n. 7, p. 945-956, 2019.

AKHTAR, S. H. I. R. I. N. **Advances in conventional breeding approaches for postharvest quality improvement in vegetables. Postharvest Biology and Technology of Horticultural Crops: Principles and Practices for Quality Maintenance**, p. 141–176, 2015.

AL-FRAIHAT, A. H. Effect of different nitrogen and sulphur fertilizer levels on growth, yield and quality of onion (*Allium cepa*, L.). **Jordan Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, n. 2, p. 155-166, 2009.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. **FAO**, v. 56, p. 300, 2006.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. Washington: AOAC, 1115 p. 2002.

BACKES, C.; BÔAS, R. L. V.; GODOY, L. J. G.; VARGAS, P. F.; SANTOS, A. J. M. Determination of growth and nutrient accumulation in bella vista onion. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 1, p. 246-254, 2018.

BESSA, A. T. M. et al. Caracterização físico-química de alho ‘BRS Hozan’ e ‘Roxo Pérola de Caçador’ em função do tempo de armazenamento. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, n. 11, p. 368-377, 2017.

CARVALHO, V. D. Características nutricionais, industriais e terapêuticas da cebola. Informe Agropecuário, v. 6, n. 62, p. 71-78, 1980.

CHAGAS, S. J. R.; RESEND-E, G. M.; PEREIRA, L. V. Características qualitativas de cultivares de Alho no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, p. 1584-1588, 2003.

CHITARRA, M. I. F; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. Lavras: UFLA, 2005.

CIPRIANO, P. E. **Crescimento e qualidade da cebola e efeito residual em alface em função da interação nitrogênio e enxofre**. 2017. 86f. Dissertação (Mestrado acadêmico) - Programa de Pós-graduação em Ciências do Solo, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas se solos, plantas e fertilizantes**. SILVA, F. C. (ed). - 2. ed. Brasília, DF, 2009. 627 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed., Brasília, DF, 2013.

EL-HADIDY, E. M.; MOSSA, M. E.; HABASHY, H. N. Effect of freezing on the pungency and antioxidants activity in leaves and bulbs of green onion in Giza 6 and Photon varieties. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 59, p. 33–39, 2014.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: programa estatístico: versão 5.3. Lavras: UFLA, 2011.

GONDANE, S. P.; CHANDAN, P. M.; PANCHAL, K. N. Effect of Different Levels of Sulphur on Yield and Quality of Onion. **Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci**, v. 6, p. 2125-2132, 2018.

GONÇALVES, P. A. S.; ARAÚJO, E. R.; KURTZ, C; MORA, C. Uso de enxofre na cultura da cebola em sistemas orgânico e convencional para o manejo de tripses e míldio e análise de rendimento. **Revista Thema**, Santa Catarina, v. 14, n. 3, p. 303-312. 2017.

GONÇALVES, F. C.; GRANGEIRO, L. C.; SOUSA, V. F. L.; JESUS, P. M. M.; SILVA, G. A. Agronomic and qualitative performance of densely cultivated onion cultivars as affected by potassium fertilisation. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 4, p. 889-896, 2019a.

GONÇALVES, F. C.; GRANGEIRO, L. C.; SOUSA, V. F. L.; SANTOS, J. P.; SOUZA, F. I.; SILVA, L. R. R. Yield and quality of densely cultivated onion cultivars as function of nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 11, p. 847-851, 2019b.

GRANGEIRO, L. C.; SOUZA, J. O. S.; AROUCHA, E. M. M.; NUNES, G. H. S.; SANTOS, G. M. Características qualitativas de genótipos de cebola. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1087-1091, 2008.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C.; FACHINELLO, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2, ed. Campinas: Rural, 2002. 214 p.

LAXMI, M. P.; HADIMANI, H. P.; VIJAYALAKSHMI P.; BIRADAR, I. B.; PRASANNA, S. M; REVANAPPA; JAGADEESH, S. L. Influence of sulphur, zinc and boron on yield and quality of onion. **International Journal of Chemical Studies**, Índia, v.7, n. 4, p. 16-22, 2019.

LIMA, M. F. P. et al. Garlic quality as a function of seed clove health and size and spacing between plants. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, p. 966-975, 2019.

LOPES, W. A. R. et al. Caracterização físico-química de bulbos de alho submetido a períodos de vernalização e épocas de plantio. **Horticultura Brasileira**, n. 34, p. 231-238, 2016.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Metodologia para Análise de Elementos em Material Vegetal. In: MALAVOLTA, E. VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. (org.). **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. Ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.



MIGUEL, A. C. A. **Efeito do período de armazenamento refrigerado na qualidade de cebolas e do seu produto minimamente processado**. 2005. 80 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

MISHU, H. M.; AHMED, F.; RAFII, M. Y.; GOLAM, F.; LATIF, M. A. Effect of sulphur on growth, yield and yield attributes in onion (*Allium cepa* L.). **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 9, p. 1416–1422, 2013.

MONDAL, S; GHOSH, G. K; MONDAL, J. Effect of Graded Levels of Sulphur as Magnesium Sulphate on Yield and Quality of Onion (*Allium cepa* L.) in Red and Lateritic Soils of West Bengal. Índia, **Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.** v. 9, n. 4, p. 2858-2866, 2020.

NASREEN, S.; IMAMUL HUQ S. M. Effect of sulphur fertilisation on yield, Sulphur content and uptake by onion. Indian, **J. Agric. Res.**, v. 39, n. 2, p. 122–127, 2005.

RATHOD, P. H.; KATKAR, R. N.; VRUSHALI, R.; BHENDE, S. M; GHAWADE, S. R. LAKHE; KHARCHE, V. K. Effect of Sulphur and Zinc Containing Customized Fertilizers on Growth, Yield and Nutrient Uptake of Onion. **Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.**, v. 9, n. 01, p. 2061-2069, 2020.

RESENDE, J. T. V.; MARCHESI, A.; CAMARGO, L. K. P.; MARODIN, J. C.; CAMARGO, C. K.; MORALES, R. G. F. V. Produtividade e qualidade pós-colheita de cultivares de cebola em sistemas de cultivo orgânico e convencional. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 305-311, 2010.

RODRIGUES, L. U.; TAVARES, T. C. O.; FARIA, A. J. G.; TOMAZI, M. C.; TAVARES, R. C.; NARCIMENTO, I. R. Uso do enxofre nos componentes de produção e qualidade de bulbos de cebola. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 7, p. 01-11, 2020.

SANTOS, C. A. F.; YURI, J. E.; COSTA, N. D. Efeito do Enxofre na Produtividade e no Teor de Ácido Pirúvico em Cultivares de Cebola. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Petrolina, Embrapa Semiárido, 2019.

MAGRAY. M. M.; Influence of Sulphur and Potassium Applications on Yield, Uptake & Economics of Production of Garlic. **Int. J. Pure App. Biosci.**, v. 5, n. 5, p 924-934, 2017.

MCCALLUM, J. A.; LEITE, D.; PITHER-JOYCE, M.; HAVEY, M. J. Expressed sequence markers for genetic analysis of bulb onion (*Allium cepa* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 103, p. 979-991, 2001.

NODA, S. R. H. **Curva de crescimento e acúmulo de nutrientes em híbridos de cebola**. 2018. 71 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2018.

NIVETHA, E; SEKARAN, C. N.; MEENA, S.; VETHAMONI, I. P.; KALAISELVI, T. Assessing Sulphur Nutrition to Enhance the Yield and Quality of Small Onion (*Allium cepa* var. *aggregatum*) Grown in Sulphur Deficient Soil. **Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.**, Índia, v. n. 2, p. 564-567, 2020.

- PÔRTO, D. R. Q.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MAY, A.; BARBOSA, J. C. Acúmulo de macronutrientes pela cebola “Optima” estabelecida por semeadura direta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 4, p. 470-475, 2006.
- PÔRTO, D. R. Q.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MAY, A.; VARGAS, P. F. Acúmulo de macronutrientes pela cultivar de cebola “Superex” estabelecida por semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 949-955, 2007.
- RANDLE, W. M.; BUSSARD, M. L. Pungency and Sugars of Short-day Onions as Affected by Sulfur Nutrition. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 118, n. 6, p. 766-770, 1993.
- SCHUNEMANN, A. P.; TREPTOW, R.; LEITE, D. L.; VENDRUSCOLO, J. L. Pungência e características químicas em bulbos de genótipos de cebola (*Allium cepa* L.) cultivados no Alto Vale do Itajaí. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 1, p. 77-80, 2006.
- SCHWIRMMER, S.; WESTON, W. J. Enzymatic development of pyruvic acid as a measure of pungency. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Easton, v. 9, p. 301-304, 1961.
- SOUZA, L. F. G.; FILHO, A. B. C.; DE TÚLIO, F. A.; NOWAKI, R. H. D. E. effect of sulphur dose on the productivity and quality of onions. **Aust. J. Crop Sci.**, n. 9, 728–733, 2015.
- SILVA, L. R. R. **Desempenho agrônômico de cebola em função da adubação fosfatada**. 2018. 70f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.
- THANGASAMY, A.; SANKAR, V.; LAWANDE, K. E. Effect of sulphur nutrition on pungency and storage life of short day onion. **Indian Journal of Agriculture Science**, v. 83, n. 10, p. 1086-89, 2013.
- TRANI, P. E.; BREDA JÚNIOR, J. M.; FACTOR, T. L. **Calagem e adubação da cebola (*Allium cepa* L.)**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2014.
- VAN WYK, B. E. **Culinary herbs and spices of the world**. Chicago, IL: University of Chicago Press, 2014.
- VIDIGAL, S. M.; MOREIRA, M. A.; PEREIRA, P. R. G. Crescimento e absorção de nutrientes pela planta cebola cultivada no verão por semeadura direta e por transplante de mudas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 59-70, 2010.
- VIDIGAL, S. M.; PEREIRA, P. R. G.; PACHECO, D. D. Nutrição mineral e adubação da cebola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 218, p. 36-50, 2002.
- YEMN, E.W.; WILLIS, A.J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, n. 57, p. 508-14, 1954.
- YOO, K. S.; PIKE, L.; CROSBY, K.; JONES, R.; LESKOVAR, D. Differences in onion pungency due to cultivars, growth environment, and bulb sizes. **Scientia Horticulturae**, v. 110, n. 2, p. 144-149, 2006.

## **APÊNDICE**

APÊNDICE 1. Distribuição de fertilizante (ml de solução parcela<sup>-1</sup> experimental) Mossoró, RN. UFRSA, 2021.

Dose (kg ha <sup>-1</sup> )	Idade da planta	FERTILIZANTES (ml de solução por parcela)						
		Ureia	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	KCL	KNO <sub>3</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
0	21	7	33	33	0	0	0	30
	28	7	33	33	0	0	0	30
	35	7	33	33	0	0	0	30
	42	7	33	33	0	0	0	30
	49	7	33	33	0	0	0	30
	56	7	33	33	0	0	0	30
	63	8	33	288	0	0	0	30
	70	13	9	252	25	0	0	9
	77	15	0	238	34	0	0	0
	84	19	0	306	44	0	0	0
10	21	6	33	30	0	1	7	30
	28	6	33	28	0	1	12	30
	35	6	33	27	0	1	13	30
	42	6	33	26	0	2	17	30
	49	6	33	25	0	2	18	30
	56	5	33	22	0	3	25	30
	63	7	33	275	0	3	31	30
	70	11	9	238	25	4	34	9
	77	13	0	223	34	4	36	0
	84	17	0	286	44	5	48	0
20	21	6	33	27	0	1	13	30
	28	5	33	23	0	3	24	30
	35	5	33	22	0	3	26	30
	42	5	33	19	0	4	34	30
	49	5	33	17	0	4	36	30
	56	4	33	11	0	6	50	30
	63	5	33	261	0	7	62	30
	70	10	9	223	25	7	67	9
	77	11	0	207	34	8	72	0
	84	14	0	265	44	11	95	0
30	21	5	33	24	0	2	20	30
	28	5	33	18	0	4	35	30
	35	4	33	16	0	4	40	30
	42	4	33	11	0	6	50	30
	49	4	33	10	0	6	54	30
	56	3	33	0	0	8	76	30
	63	3	33	248	0	10	94	30
	70	8	9	209	25	11	101	9
	77	9	0	191	34	12	108	0
	84	12	0	244	44	16	143	0

Continuação

Dose (kg ha <sup>-1</sup> )	Idade da planta	FERTILIZANTES (ml de solução por parcela) <sup>1</sup>						
		Ureia	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	KCL	KNO <sub>3</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
40	21	5	33	21	0	3	27	30
	28	4	33	13	0	5	47	30
	35	4	33	10	0	6	53	30
	42	3	33	4	0	7	67	30
	49	3	33	5	0	9	65	30
	56	0	33	11	0	17	50	30
	63	2	33	234	0	14	125	30
	70	6	9	194	25	15	135	9
	77	7	0	176	34	16	144	0
	84	9	0	224	44	21	190	0
50	21	5	33	19	0	4	34	30
	28	3	33	8	0	7	59	30
	35	3	33	7	0	8	60	30
	42	0	33	15	0	14	42	30
	49	0	33	14	0	15	45	30
	56	0	33	6	0	21	63	30
	63	0	33	220	0	17	156	30
	70	4	9	180	25	19	168	9
	77	6	0	160	34	20	180	0
	84	7	0	203	44	26	238	0
60	21	4	33	16	0	4	40	30
	28	3	33	2	0	8	71	30
	35	2	33	2	0	10	72	30
	42	0	33	11	0	17	50	30
	49	0	33	10	0	18	54	30
	56	0	33	0	0	25	76	30
	63	0	33	207	0	21	187	30
	70	3	9	165	25	22	202	9
	77	4	0	144	34	24	216	0
	84	4	0	182	44	32	285	0

<sup>1</sup>Fontes de nitrogênio = ureia, nitrato de cálcio, nitrato de potássio, sulfato de amônio e nitrato de magnésio; Fontes de potássio = cloreto de potássio, nitrato de potássio e sulfato de potássio; fontes de cálcio = nitrato de cálcio; fontes de cálcio = nitrato de cálcio; fontes de magnésio = nitrato de magnésio; fontes de sulfato = sulfato de amônio e sulfato de potássio e fontes de fósforo = super simples em fundação.