

## PRODUTIVIDADE E FLORESCIMENTO DA CEBOLA FERTIRRIGADA SOB PARCELAMENTOS DE FÓSFORO EM DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS

Francisco Olmar Gervini de Menezes Júnior<sup>1</sup>, Fábio Satoshi Higashikawa<sup>2</sup>

### RESUMO:

Estudos que identifiquem a necessidade do parcelamento de fósforo que maximize a produtividade da cebola são essenciais nos diversos sistemas de produção. O estudo teve por objetivo verificar a influência do parcelamento de fósforo em diferentes densidades de plantas na produtividade e no florescimento da cebola em sistema fertirrigado por gotejamento. Os tratamentos foram quatro densidades de plantas (300, 400, 500 e 600 mil plantas ha<sup>-1</sup>) e três parcelamentos (semanal, quinzenal e mensal) da dose total de fósforo recomendada pela análise de solo distribuída ao longo do ciclo vegetativo via fertirrigação. Foram avaliadas as produtividades das classes 2, 3 e 4 e o florescimento. O parcelamento de fósforo pode ser realizado mensalmente sem interferir na produtividade e florescimento da cebola em sistema fertirrigado. Populações de 300 a 500 mil plantas ha<sup>-1</sup> proporcionaram a maior formação de bulbos das classes 3 e 4. Um quarto das plantas floresceu quando submetidas a temperaturas mínimas médias abaixo de 13°C por mais de noventa dias. O aumento da densidade de plantas concorre para o aumento do florescimento da cebola.

**Palavras-chave:** *Allium cepa*; adubação fosfatada; fertirrigação.

## PRODUCTIVITY AND FLOWERING OF FERTIRRIGATED ONIONS UNDER PHOSPHORUS SPLIT APPLICATIONS AT DIFFERENT POPULATION DENSITIES

### ABSTRACT:

Studies identifying the need for phosphorus splitting to maximize onion productivity are essential in different production systems. The study aimed to assess the influence of phosphorus splitting at different plant densities on onion productivity and flowering in a drip fertigation system. The treatments were four plant densities (300, 400, 500, and 600 thousand plants ha<sup>-1</sup>) and three installments (weekly, biweekly, and monthly) of the total dose of phosphorus recommended by the soil analysis distributed throughout the vegetative cycle via fertigation. The productivity of classes 2, 3, and 4 and flowering were evaluated. Phosphorus plots can be carried out monthly without interfering with onion productivity and flowering in a fertigation system. Plant densities of 300 to 500 thousand plants ha<sup>-1</sup> provide the highest formation of class 3 and 4 bulbs. A quarter of the plant's flower when subjected to average minimum temperatures below 13°C for more than ninety days. The increase in plant density contributes to an increase in onion flowering.

**Key Words:** *Allium cepa*; phosphorus fertilization; fertigation.

<sup>1</sup>Doutor em Produção Vegetal pela FAEM/UFPEL. Pesquisador da Epagri-EEITU, Ituporanga-SC, franciscomenezes@epagri.sc.gov.br; <https://orcid.org/0000-0001-9885-4060>. <sup>2</sup>Doutor em Ciência do Solo pela UFLA, Lavras-MG. Pesquisador da Epagri-EEITU, Ituporanga-SC, fabiohigashikawa@epagri.sc.gov.br; <https://orcid.org/0000-0002-5601-7931>

## INTRODUÇÃO

No Brasil, o estado de Santa Catarina lidera a produção de bulbos de cebola. No cultivo da cebola catarinense predomina o sistema de produção por transplante de mudas, onde as mudas são produzidas nos chamados “canteiros” e quando atingem o diâmetro do pseudocaulo de 0,5 cm são transplantadas para o local definitivo de produção. Nesse sistema, a adubação é realizada com fertilizantes sólidos aplicados no transplante (N, P, K, boro, zinco e enxofre) e parcelados duas ou mais vezes (N e K) após o transplante.

Em termos históricos a safra de 2022/23 se destaca como aquela em que foi observada uma das maiores produtividades nos últimos anos. Nesta, foram produzidas em Santa Catarina 551.225 t de bulbos, numa área de 17.610 ha, com produtividade média de 29,80 t ha<sup>-1</sup> (Gugel, 2023).

Por sua vez, estudos realizados a partir de 2011 na principal região produtora o Alto Vale do Itajaí pela Epagri – Estação Experimental de Ituporanga indicaram a possibilidade de produção de até 62 t ha<sup>-1</sup> quando são aplicados fertilizante nitrogenado (nitrato de amônio) e potássico (cloreto de potássio) via água de irrigação (Menezes Júnior et al., 2015; Menezes Júnior e Marcuzzo, 2016; Menezes Júnior et al., 2016; Menezes Júnior e Kurtz, 2016). Nestes, foram estudadas as produtividades para diferentes densidades populacionais (300 a 600 mil plantas ha<sup>-1</sup>), sendo o fertilizante nitrogenado e potássico fornecidos conforme a curva de absorção dos cultivares “precoces” de forma semanal, quinzenal e mensal. Nos referidos trabalhos, antes do transplante, o boro (ácido bórico) e o zinco (sulfato de zinco) foram fornecidos via fertirrigação, enquanto o fósforo (superfosfato simples) foi fornecido totalmente na forma sólida antes do transplante das mudas.

Em geral, diferente de macronutrientes com grande mobilidade no solo, como o nitrogênio e o potássio, a adubação fosfatada tem sido, para a grande maioria das culturas, fornecida em uma única vez na forma sólida antes da semeadura ou transplante. A quantidade de fertilizante fosfatado empregada considera a fixação do elemento no solo, em especial pelo complexo argilo-mineral, e a necessidade de mantê-lo na quantidade adequada em solução até o final do cultivo, de acordo com a necessidade de cada espécie vegetal.

Entretanto, estudos realizados por diversos autores indicam que o parcelamento da adubação fosfatada via fertirrigação é uma técnica útil no aumento da produtividade e eficiência do uso do fósforo no cultivo de diversos cereais e hortaliças (Papadopoulos e Ristimäki, 2000; Iqbal et al., 2013; Kang et al., 2021).

De acordo com Carrijo et al. (2005), a aplicação parcelada do fósforo em fertirrigação por gotejamento na forma de P solúvel pode aumentar significativamente a produtividade em comparação à aplicação de 100% em pré-plantio. Portanto, é aceitável que ao se modificar o fornecimento do nutriente ao longo do ciclo possamos otimizar a produtividade de bulbos na cultura da cebola. É importante mencionar que na cultura da cebola apenas 17% de todo o fósforo absorvido pela cultura ocorre antes da fase de bulbificação, sendo o restante absorvido após o início desta (Kurtz et al., 2018). Estes fatos indicam um possível desencontro entre a fase de maior demanda pela cultura e o fornecimento de fósforo. Estudos realizados até o momento na cultura da cebola com a aplicação do fósforo via fertirrigação mostram ser possível o aumento da altura das plantas, do diâmetro e peso dos bulbos (Satpute et al., 2013; Santos et al., 2020).

Por sua vez, pesquisas que busquem relacionar a densidade de plantas (número de plantas por hectare) e adubação são necessárias. Dessa forma, pode-se obter um equilíbrio entre as classes de bulbos que proporcione a máxima produtividade de bulbos comercializáveis, em especial, daqueles pertencentes à classe 3 (preferidos no mercado) e de classes superiores, uma vez que estes recebem no mercado o dobro do valor pago da classe 2 (bulbos entre 35 a 50 mm). Em sistema fertirrigado por gotejamento no Alto Vale do Itajaí-SC (AVI) as populações que proporcionam as maiores produtividades de bulbos da classe 3 e superiores têm variado de 400 a 500 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Esse limite está relacionado à interação estabelecida entre genótipo-ambiente.

No AVI, os solos predominantes (Cambissolos), a alta nebulosidade no período de cultivo e genótipos pouco adaptados a maiores densidades populacionais limitam o adensamento das plantas. Nessas condições, em sistemas convencionais de produção com adubos sólidos tem sido comum o uso de populações de 350 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

Por seu turno, o florescimento das plantas de cebola produção de bulbos é um aspecto indesejado, uma vez que reduz o número de bulbos comercializáveis. A indução ao florescimento da cebola ocorre quando as plantas possuem um mínimo de quatro folhas completamente desenvolvidas, diâmetro do pseudocaule de 3,3 a 5 mm e são expostas a temperaturas entre 5 e 13°C por pelo menos 20 a 30 dias. O florescimento na cebola é fortemente reduzido ou suprimido em temperaturas na faixa de 15,5 a 30°C e de -3 a 0°C. O porte das plantas também influencia o florescimento. Plantas com maior número de folhas (de maior porte) requerem menor tempo de exposição a temperaturas iguais ou abaixo de 9°C para a iniciação floral. Portanto, fatores que aceleram o crescimento das plantas, como antecipação da semeadura e fertilização em excesso no início do ciclo, devem ser evitados quando existe a possibilidade de temperaturas frias, pois favorecerão o florescimento (Brewster; 2008; Khokhar, 2014; Embrapa, 2023).

Estudos relacionados à aplicação parcelada de fósforo via fertirrigação por gotejamento em populações de plantas de cebola são inexistentes na região do Alto Vale do Itajaí-SC. Estes fornecerão informações necessárias ao desenvolvimento do sistema fertirrigado da cultura da cebola.

Ao considerar os aspectos mencionados, o presente estudo teve por objetivo verificar a influência do parcelamento de fósforo em diferentes densidades de plantas na produtividade e florescimento da cebola em sistema fertirrigado por gotejamento.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em 2021 e 2022, na Epagri/ Estação Experimental de Ituporanga, localizada no município de Ituporanga-SC (27°38'S, 49°60'O, altitude de 475 metros). Segundo a classificação de Köppen, o clima local é do tipo *Cfa*. O cultivar utilizado foi SCS373 - Valessul. O solo da área experimental é classificado como Cambissolo Háplico de textura argilosa.

A análise química do solo da área experimental, em 2021, apresentou para amostras retiradas na camada de 0-20 cm: argila = 640 g kg<sup>-1</sup>, pH(H<sub>2</sub>O) = 6,4, pH (índice SMP) = 6,3, M.O. = 34,0 g kg<sup>-1</sup>, P (Mehlich-1) = 9,3 mg dm<sup>-3</sup>, K = 92,0 mg dm<sup>-3</sup>, Ca = 8,1 cmolc dm<sup>-3</sup>, Mg = 3,7 cmolc dm<sup>-3</sup>, SO<sub>4</sub> = 8,7 mg dm<sup>-3</sup>, S = 12,03 cmolc dm<sup>-3</sup>, CTC (pH

7,0) = 15,1 cmolc dm<sup>-3</sup>, Al = 0,0 cmolc dm<sup>-3</sup>, H+Al = 3,1, cmolc dm<sup>-3</sup>, Cu = 30 mg dm<sup>-3</sup>, Zn = 0,0 mg dm<sup>-3</sup>; Fe = 5,0 mg dm<sup>-3</sup>, Mn = 2,6 mg dm<sup>-3</sup> e B = 0,9 mg dm<sup>-3</sup>.

A área experimental foi semeada no final de dezembro de 2020 com milho (30 kg sementes ha<sup>-1</sup>). No final de março de 2021 foi aplicado o dessecante glifosato e após as plantas foram acamadas com rolo faca. E em abril 2021, na área experimental, foram semeados o nabo forrageiro (10 kg sementes ha<sup>-1</sup>) e centeio (60 kg sementes ha<sup>-1</sup>) e antes do transplante das mudas de cebola estas plantas de cobertura/adubação verde foram dessecadas com glifosato e após acamadas com rolo faca. Em 01/04/2021 foram aplicados via pulverização o equivalente a 10 kg de ácido bórico ha<sup>-1</sup> e 20 kg de sulfato de zinco ha<sup>-1</sup>. Esses mesmos procedimentos foram realizados para o estabelecimento do experimento realizado em 2022, ou seja, semeadura no final de dezembro de 2021 com milho, final de março de 2022 a aplicação de dessecante, semeadura do nabo forrageiro e centeio, dessecação com glifosato e acamamento das plantas de cobertura/adubação verde e aplicação dos micronutrientes antes do transplante da cebola em 2022.

Mudas do cultivar SCS373 - Valessul foram produzidas com base nos referenciais tecnológicos propostos pelo Sistema de Produção para a Cebola (Epagri, 2013) e Manual de Boas Práticas Agrícolas (Menezes Júnior e Marcuzzo, 2016). As semeaduras foram realizadas em 20/04/2021 e 22/04/2022, os transplantes em 15/07/2021 e 21/07/2022 e as colheitas em 19/11/2021 e 17/11/2022.

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente ao acaso, com seis repetições. A área total de cada parcela experimental foi de 7,5 m<sup>2</sup> (2,5 x 3,0 m), tendo como área útil 3,0 m<sup>2</sup>. Os tratamentos corresponderam a quatro densidades de plantas (300, 400, 500 e 600 mil plantas ha<sup>-1</sup>) submetidas a três parcelamentos da dose total de fósforo recomendada para teor alto do nutriente (120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), de acordo com CQFS- RS/SC (2004), distribuídos ao longo do ciclo vegetativo da cultura via fertirrigação, de forma semanal, quinzenal ou mensal.

O parcelamento semanal, quinzenal ou mensal da dose total do fósforo de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, teve por base a curva adaptada de absorção do nutriente publicada por Kurtz et al. (2018). Nesse sentido, a dose total de fósforo foi dividida

aplicando-se 17% do total antes da bulbificação e 83% do total após o início da bulbificação (Tabela 1). Isso devido a cebola absorver 17% de todo o fósforo no período anterior à bulbificação, e o restante após a bulbificação.

As doses de nitrogênio (150 kg N ha<sup>-1</sup>) e potássio (105 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) foram fornecidas

semanalmente conforme a curva de absorção dos nutrientes para cultivares de ciclo precoce (Kurtz et al., 2016) (Tabela 1). Utilizaram-se como fontes de fósforo, nitrogênio e potássio, os fertilizantes fosfato monopotássico, nitrato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente.

**Tabela 1** - Curva base de absorção de nitrogênio, fósforo e potássio utilizadas para a divisão das doses totais de fertilizantes em parcelamento semanal, quinzenal ou mensal, adaptada de Kurtz et al. (2016).

| Aplicação                      | DAT | Nitrogênio |         | Fósforo   |        | Potássio |
|--------------------------------|-----|------------|---------|-----------|--------|----------|
|                                |     | Semanal    | Semanal | Quinzenal | Mensal | Semanal  |
| -----% absorvida no ciclo----- |     |            |         |           |        |          |
| 1 <sup>a</sup>                 | 15  | 1,65       | 1,00    | 2,00      | 4,00   | 0,60     |
| 2 <sup>a</sup>                 | 22  | 1,41       | 1,00    |           |        | 0,60     |
| 3 <sup>a</sup>                 | 29  | 2,08       | 1,00    | 2,00      |        | 1,80     |
| 4 <sup>a</sup>                 | 36  | 3,01       | 1,00    |           |        | 2,90     |
| 5 <sup>a</sup>                 | 43  | 4,26       | 4,00    | 8,00      | 20,00  | 4,40     |
| 6 <sup>a</sup>                 | 50  | 5,82       | 4,00    |           |        | 6,60     |
| 7 <sup>a</sup>                 | 57  | 7,60       | 5,00    | 12,00     |        | 9,10     |
| 8 <sup>a</sup>                 | 64  | 9,36       | 7,00    |           |        | 11,70    |
| 9 <sup>a</sup>                 | 71  | 10,72      | 8,00    | 19,00     | 43,00  | 13,50    |
| 10 <sup>a</sup>                | 78  | 11,31      | 11,00   |           |        | 13,70    |
| 11 <sup>a</sup>                | 85  | 10,94      | 12,00   | 24,00     |        | 12,50    |
| 12 <sup>a</sup>                | 92  | 9,72       | 12,00   |           |        | 10,10    |
| 13 <sup>a</sup>                | 99  | 8,02       | 12,00   | 24,00     | 33,00  | 7,40     |
| 14 <sup>a</sup>                | 106 | 7,22       | 12,00   |           |        | 3,10     |
| 15 <sup>a</sup>                | 113 | 6,86       | 9,00    | 9,00      |        | 2,00     |

A primeira aplicação de fertilizantes foi realizada em cada ano agrícola no décimo quinto dia após o transplante (DAT).

Os sulcos de transplante foram abertos com o auxílio de uma sulcadeira mecânica. Por ocasião do transplante, as mudas foram dispostas em linhas duplas (10 x 10 cm entre linhas) distanciadas umas das outras em 40 cm. A obtenção da densidade de plantas desejada, populações de 300, 400, 500 e 600 mil plantas ha<sup>-1</sup>, foi realizada reduzindo o espaçamento entre plantas na linha de transplante.

O sistema de fertirrigação, utilizado principalmente para o fornecimento de nutrientes, foi composto por um conjunto motobomba, linha principal condutora (mangueira de ¾ de polegada) e linha secundária distribuidora (mangueira de ¾ de polegada) com registros onde foram adaptadas fitas de irrigação com espaçamento entre gotejadores de 10 cm. As fitas gotejadoras foram dispostas no centro das linhas duplas (10 x 10 cm entre linhas) de forma a uniformizar o suprimento de água e nutrientes. A cada fertirrigação foi aplicada uma lâmina de irrigação correspondente a 6,21 mm.

Durante o ciclo da cultura, quando necessário, procedeu-se o manejo das plantas indesejáveis, do míldio e do tripses.

Foram avaliados a produtividade comercial total (PC / acima de 35 mm), de bulbos da classe 2 (cx2 / 35 a 50 mm), de bulbos da classe 3 (cx3 / 50 a 70 mm) e bulbos da classe 4 (cx4 / 70 a 90 mm) e o florescimento.

Após a classificação e pesagem, os bulbos foram dispostos em caixas plásticas de armazenamento e levados ao galpão de madeira típico adotado na região pelos agricultores, onde permaneceram por quatro meses. Findo esse período realizou-se a análise de conservação pós-colheita, retirando-se bulbos podres e brotados, a qual considerou percentagem da perda de massa fresca inicial dos bulbos.

Durante os experimentos de 2021 e 2022, registraram-se na Estação Meteorológica da EE de Ituporanga da Epagri as variáveis meteorológicas

para os distintos períodos de desenvolvimento da cebola (Tabela 2; Figuras 1.A e 1.B) (Epagri, 2023).

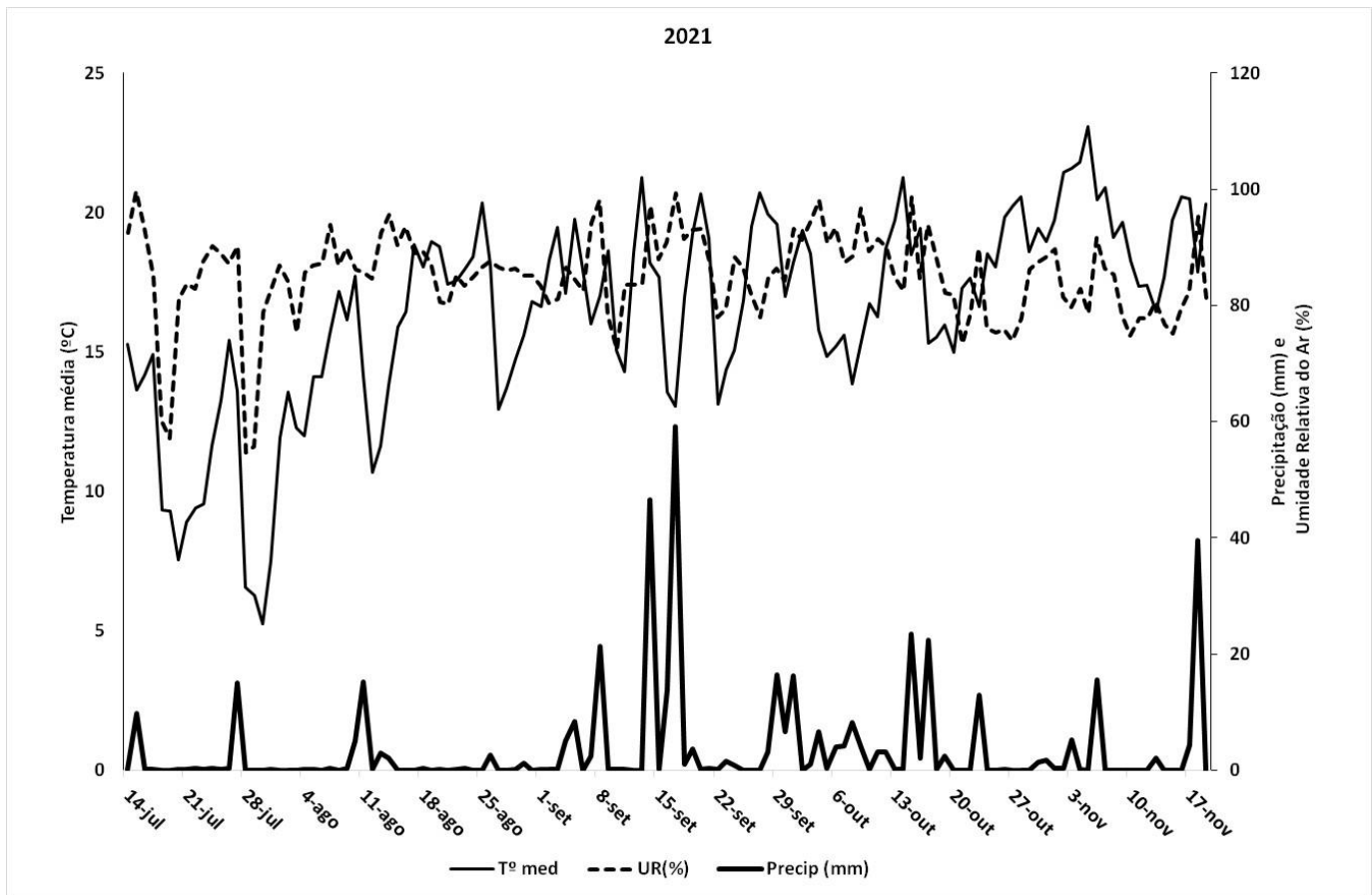
Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, análise de regressão e teste de

Tukey a 5% de probabilidade de erro com o programa estatístico “R” (R Core Team, 2017).

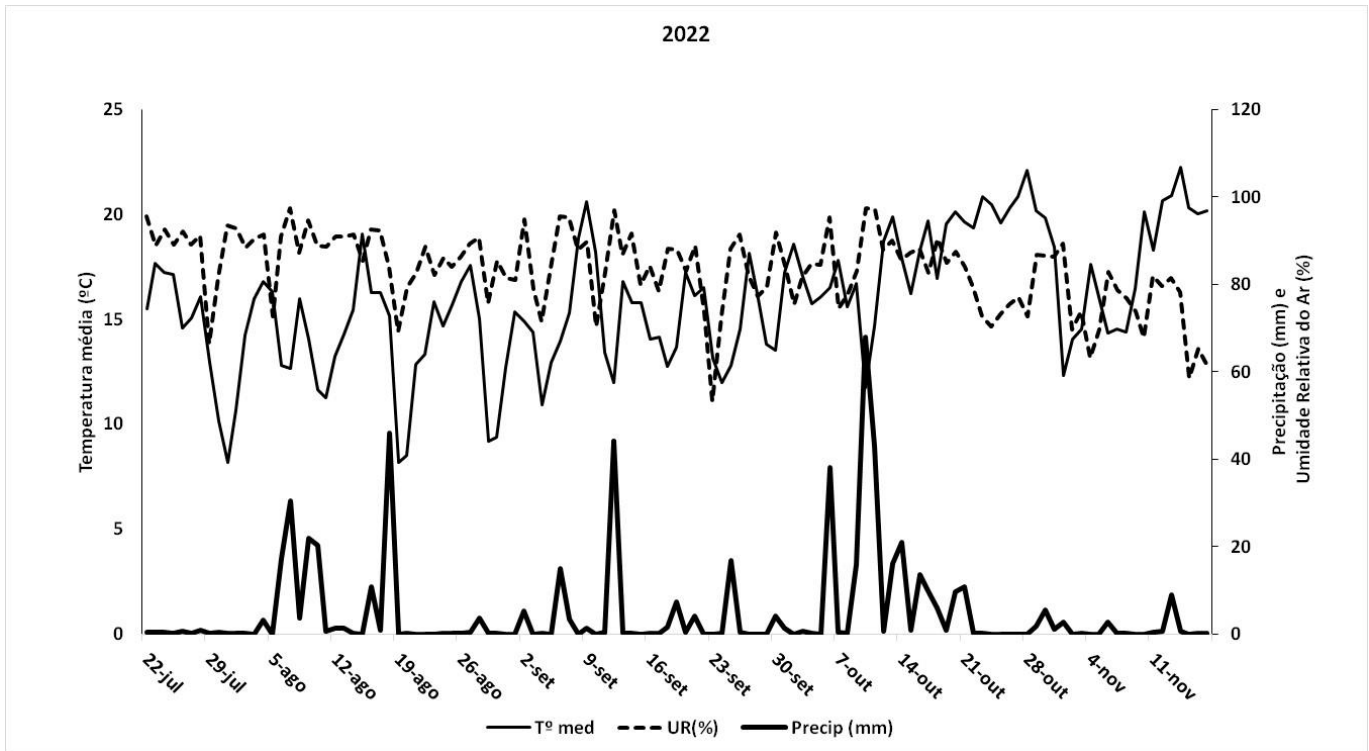
**Tabela 2** - Variáveis meteorológicas nos períodos de desenvolvimento da cebola nos anos agrícolas em 2021 a 2022. Epagri, Ituporanga, SC.

| Variáveis meteorológicas | Desenvolvimento inicial |       | Desenvolvimento e maturação dos bulbos |       | Ciclo  |        |
|--------------------------|-------------------------|-------|--|-------|--------|--------|
|                          | 2021                    | 2022  | 2021                                   | 2022  | 2021   | 2022   |
| T° média (°C)            | 15,21                   | 14,43 | 18,37                                  | 18,00 | 16,44  | 16,22  |
| T° min média (°C)        | 10,98                   | 10,41 | 15,27                                  | 13,58 | 12,65  | 12,00  |
| T° máx média (°C)        | 21,08                   | 19,72 | 23,07                                  | 20,08 | 21,85  | 19,90  |
| UR%                      | 85,06                   | 85,65 | 84,76                                  | 79,96 | 84,95  | 82,81  |
| Precipitação (mm)        | 251,6                   | 272,8 | 186,0                                  | 283,2 | 437,60 | 556,00 |

No ano de 2021 foram observadas seis geadas no mês de julho (20, 22, 28, 29, 30 e 31/07), enquanto em 2022 houve o registro de quatro geadas nos meses de agosto (19, 20, 29 e 30/08) e uma em setembro (24/09). Fonte: Epagri/Ciram (2023).



**Figura 1.A.** Variação diária da precipitação (em mm), da temperatura média (°C) e da umidade relativa do ar (%) nos períodos experimentais (transplante a colheita) em 2021. Epagri, Ituporanga, SC (Epagri/Ciram, 2023).



**Figura 1.B.** Variação diária da precipitação (em mm), da temperatura média (°C) e da umidade relativa do ar (%) nos períodos experimentais (transplante a colheita) em 2022. Epagri, Ituporanga, SC (Epagri/Ciram, 2023).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Produtividade comercial total e das classes 2, 3 e 4

A análise de variância não detectou interação entre os fatores parcelamento de fósforo e densidade de plantas ( $p < 0,05$ ) em nenhum dos anos experimentais para as produtividades comercial (PC), classe 2 (Cx2), classe 3 (Cx3) e classe 4 (Cx4), o que nos permite concluir independentemente para cada um dos fatores.

O parcelamento do fósforo não interferiu significativamente nas produtividades (PC, Cx2, Cx3 e Cx4), indicando que o nutriente pode ser fornecido de forma semanal, quinzenal ou mensal. A importância desse fato reside em menor necessidade de mão-de-obra, uma vez que durante o ciclo pós-transplante o nutriente poderá ser parcelado uma vez ao mês (Tabelas 3 e 4).

O aumento da frequência do fornecimento de fósforo via fertirrigação em relação a adição do nutriente ao solo em parcela única antes do transplante possivelmente aumenta a disponibilidade

e absorção do fósforo, ao reduzir sua transformação e diminuir sua fixação no solo (Silber et al., 2005; Eissa, 2014; Kang et al., 2021). No entanto, para Li et al. (2019), o aumento da frequência do fornecimento do fósforo nos cultivos a campo não é prática e deve ser ajustada de forma a simplificar o processo de produção e reduzir os custos de mão-de-obra, o que vem ao encontro dos resultados obtidos no presente trabalho.

Verifica-se, ainda, que a divisão do fornecimento de fósforo 17% antes da fase de bulbificação e 83% após a bulbificação permitiu a obtenção de produtividades comerciais (PC) elevadas para a região do Alto Vale do Itajaí-SC. Nesse sentido, enquanto as produtividades médias em 2021 e 2022 no estado de Santa Catarina foram, respectivamente, de 25,35 e de 29,80 t ha<sup>-1</sup>, no sistema fertirrigado por gotejamento obteve-se em média de 46,00 t ha<sup>-1</sup>. Ao se considerar a maior média do estado no período (29,80 t ha<sup>-1</sup>) e o potencial de produção do sistema fertirrigado por gotejamento (54,39 t ha<sup>-1</sup>) a produtividade nesse sistema é superior em 82,52% à média catarinense.

**Tabela 3** - Produtividade comercial (PC) e produtividade classe 2 (Cx2), em t ha<sup>-1</sup>, em resposta ao parcelamento de fósforo (Parcelamento) e a densidade de plantas (Densidade). Epagri, Ituporanga, SC.

| Fatores/variáveis                          | PC                             |                     | Cx2                |                    |
|--|--------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
|  | 2021                           | 2022                | 2021               | 2022               |
| <b>Parcelamento</b>                        | ----- t ha <sup>-1</sup> ----- |                     |                    |                    |
| Semanal                                    | 51,55 <sup>ns</sup>            | 38,56 <sup>ns</sup> | 9,84 <sup>ns</sup> | 5,54 <sup>ns</sup> |
| Quinzenal                                  | 56,07                          | 37,71               | 11,24              | 4,27               |
| Mensal                                     | 55,56                          | 36,61               | 11,23              | 5,03               |
| <b>CV (%)</b>                              | 15,66                          | 10,04               | 29,28              | 26,69              |
| <b>Densidade (plantas ha<sup>-1</sup>)</b> | ----- t ha <sup>-1</sup> ----- |                     |                    |                    |
| 300.000                                    | 49,56 <sup>ns</sup>            | 38,80 <sup>ns</sup> | 3,57 <sup>a</sup>  | 0,97 <sup>a</sup>  |
| 400.000                                    | 52,54                          | 37,55               | 7,23 <sup>b</sup>  | 3,04 <sup>b</sup>  |
| 500.000                                    | 57,64                          | 38,06               | 14,39 <sup>c</sup> | 5,77 <sup>c</sup>  |
| 600.000                                    | 57,84                          | 36,11               | 17,89 <sup>d</sup> | 10,01 <sup>d</sup> |
| <b>Média</b>                               | 54,39                          | 37,63               | 10,77              | 4,95               |
| <b>CV (%)</b>                              | 21,27                          | 9,38                | 20,58              | 20,42              |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância. <sup>ns</sup> = não significativo.

**Tabela 4** - Produtividade classe 3 (Cx3) e produtividade classe 4 (Cx4), em t ha<sup>-1</sup>, em resposta ao parcelamento de fósforo (Parcelamento) e a densidade de plantas (Densidade). Epagri, Ituporanga, SC.

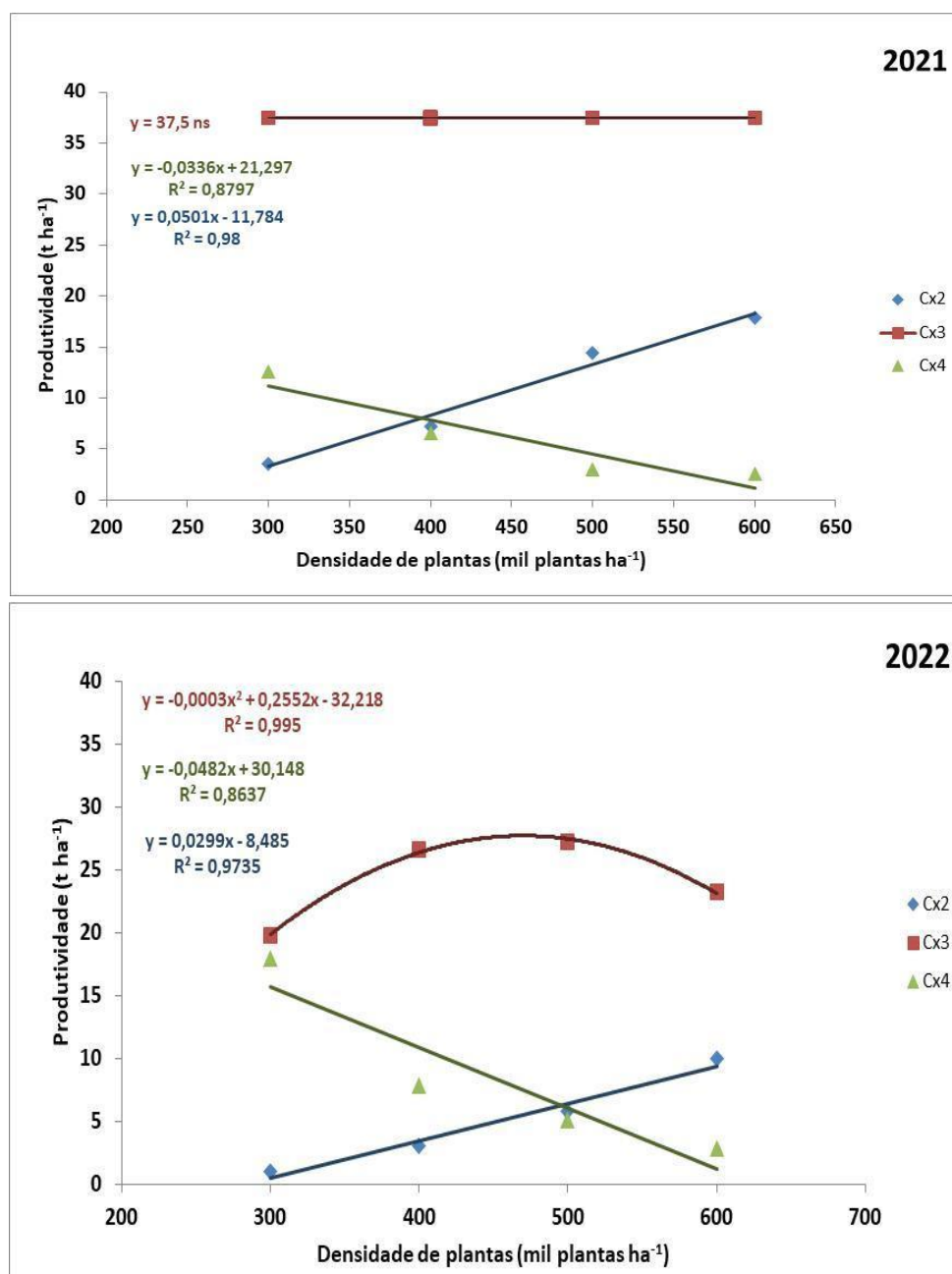
| Fatores/variáveis                          | Cx3                            |                     | Cx4                |                    |
|--|--------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
|  | 2021                           | 2022                | 2021               | 2022               |
| <b>Parcelamento</b>                        | ----- t ha <sup>-1</sup> ----- |                     |                    |                    |
| Semanal                                    | 35,05 <sup>ns</sup>            | 24,87 <sup>ns</sup> | 6,75 <sup>ns</sup> | 8,15 <sup>ns</sup> |
| Quinzenal                                  | 39,35                          | 24,02               | 5,40               | 9,41               |
| Mensal                                     | 38,10                          | 23,84               | 6,36               | 7,74               |
| <b>CV (%)</b>                              | 17,85                          | 12,03               | 28,54              | 21,73              |
| <b>Densidade (plantas ha<sup>-1</sup>)</b> | ----- t ha <sup>-1</sup> ----- |                     |                    |                    |
| 300.000                                    | 33,43 <sup>ns</sup>            | 19,81 <sup>c</sup>  | 12,57 <sup>a</sup> | 18,02 <sup>a</sup> |
| 400.000                                    | 38,64                          | 26,70 <sup>a</sup>  | 6,56 <sup>b</sup>  | 7,81 <sup>b</sup>  |
| 500.000                                    | 40,40                          | 27,22 <sup>a</sup>  | 3,01 <sup>c</sup>  | 5,08 <sup>c</sup>  |
| 600.000                                    | 37,52                          | 23,25 <sup>b</sup>  | 2,55 <sup>d</sup>  | 2,85 <sup>d</sup>  |
| <b>Média</b>                               | 37,50                          | 24,24               | 6,17               | 12,65              |
| <b>CV (%)</b>                              | 23,81                          | 12,14               | 29,94              | 18,08              |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância. <sup>ns</sup> = não significativo.

As produtividades comerciais, de bulbos da classe 2, classe 3 e classe 4 variaram de 37,63 a 54,39 t ha<sup>-1</sup>, 4,95 a 10,77 t ha<sup>-1</sup>, 24,24 a 37,50 t ha<sup>-1</sup> e 12,65 a 6,17 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Os maiores valores foram observados para o ano de 2021 (Tabelas 3 e 4). Tal comportamento está relacionado às condições meteorológicas distintas entre os anos de cultivo. Em 2022, foram registradas temperaturas médias mínimas abaixo de 13°C por mais de três meses, no período de julho a setembro, o que aumentou o florescimento das plantas e reduziu a

produtividade de bulbos em relação a 2021, como será discutido no item florescimento (item 3.2).

No presente estudo, as variações observadas entre as distintas produtividades estiveram relacionadas às densidades populacionais, as quais influenciaram decisivamente na distribuição de bulbos entre as classes. Como observado por outros autores, houve a tendência de diminuição do diâmetro transversal dos bulbos com o adensamento das plantas (Tabelas 3 e 4 e Figura 2) (Henriques et al., 2014; Menezes Júnior e Kurtz, 2016; Bravin et al., 2021; Menezes Júnior et al., 2022).



**Figura 2.** Produtividade de bulbos da classe 2 (Cx2) classe 3 (Cx3) e classe 4 (Cx4), em resposta a densidade de plantas (Densidade de plantas) em 2021 e 2022. Epagri, Ituporanga, SC.

Na Figura 2, observa-se que as maiores produtividades de bulbos das classes 3 e 4 foram obtidas em populações de 300 a 500 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Isso é importante para os agricultores, pois bulbos das classes 3 e 4 recebem o dobro do valor de mercado da classe 2 (Menezes Júnior et al., 2022).

Outro aspecto a ser mencionado se relaciona a diferença entre os sistemas de produção. Enquanto em sistemas com a aplicação de fertilizantes sólidos são recomendadas no Alto Vale do Itajaí (AVI) populações de até 400 mil plantas, em sistemas

fertirrigados por gotejamento existe a possibilidade do uso de maiores densidades populacionais (Menezes Júnior e Kurtz, 2016). O mesmo foi verificado no presente trabalho onde em 2021 foi possível o uso de 600 mil plantas ha<sup>-1</sup> sem afetar a produtividade comercial e de bulbos da classe 3 (Figura 2; Tabela 4).

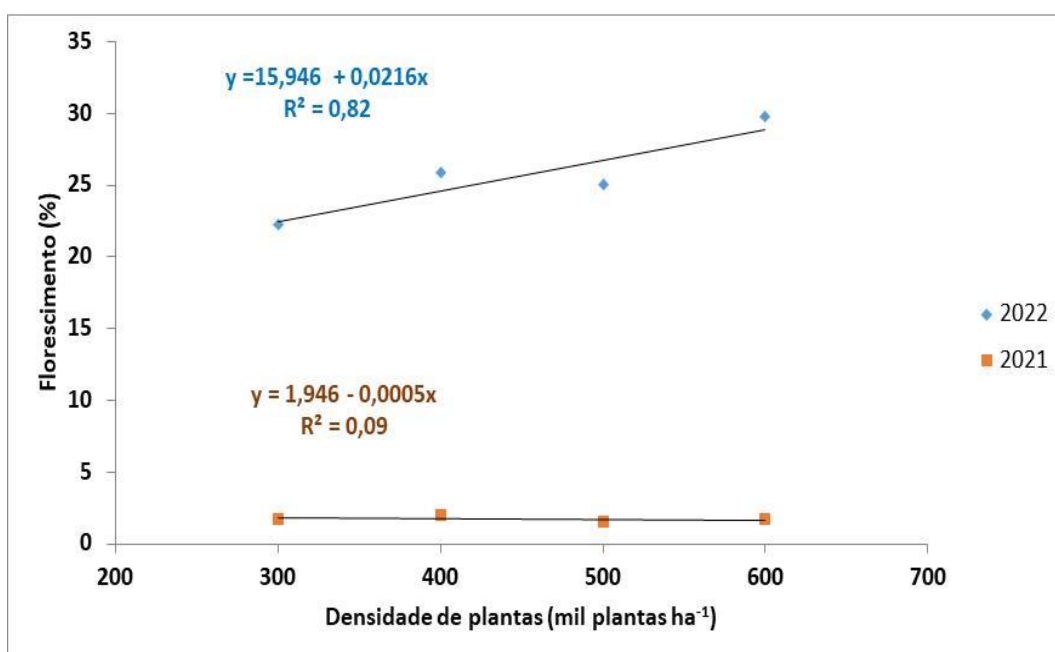
No ano de 2022, em que as condições meteorológicas foram menos favoráveis ao cultivo da cebola devido a temperaturas tardias baixas, não foram observadas diferenças significativas para a



produtividade comercial. No entanto, neste caso, a maior produtividade de bulbos da classe 3 foi obtida, com base no ajuste da curva quadrática, com a população de 430 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$  (Figura 3, Tabela 4).

No Alto Vale do Rio do Peixe, Meio-Oeste catarinense, é comum o uso de densidades populacionais a partir de 500 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ . Isso se deve a maior altitude da região, áreas mais bem arejadas, com solos mais profundos, onde predominam os Nitossolos Bruno. Em contraposição ao AVI, região de menor altitude média, alta

umidade relativa do ar, com presença de nebulosidade e baixa radiação solar, solos declivosos, menos profundos e de difícil mecanização, os Cambissolos. No AVI, o uso de populações acima de 500 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$  propicia um ambiente extremamente favorável à infecção por míldio (*Peronospora destructor*), com consequente redução da produtividade (Menezes Júnior et al., 2021). No entanto, o uso do sistema fertirrigado por gotejamento permite, como mostra o presente estudo, o uso de densidades populacionais de 600 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ .



**Figura 3.** Percentagem de florescimento das plantas de cebola com o aumento da densidade de plantas em 2021 e 2022. Epagri, Ituporanga, SC.

### Florescimento

Não foi observada a interação ( $p > 0,05$ ) entre o parcelamento de fósforo e a densidade de plantas para nenhum dos anos experimentais para a variável florescimento.

Em 2021 também não foram verificadas diferenças estatísticas significativas ( $p > 0,05$ ) dentro dos referidos fatores, parcelamento de fósforo e densidade de plantas para o florescimento. Nesse ano, observaram-se temperaturas negativas e geadas logo após o transplante das mudas até 15 dias após o transplante (DAT), quando as plantas apresentavam mais de quatro folhas expandidas e diâmetro do pseudocaule acima de 5 mm, este último parâmetro utilizado para determinar o momento do transplante (EPAGRI, 2013). Após 15 DAT a temperatura mínima média se situou em  $14^{\circ}\text{C}$  até o final do ciclo,

sendo registrados na colheita um florescimento de apenas 1,53% (Figura 3).

O florescimento registrado em 2021, que pode ser considerado baixo, está de acordo com Khokhar (2014) e Embrapa (2023). Segundo esses estudos, para que haja a indução do florescimento há necessidade de que as plantas tenham mais de 4 folhas expandidas, diâmetro de pseudocaule acima de 3,3 mm, e exposição a um período prolongado de frio, entre  $5$  e  $13^{\circ}\text{C}$ , por pelo menos 20 a 30 dias. Khokhar (2014) menciona, ainda, que sob temperaturas na faixa de  $15,5$  a  $30^{\circ}\text{C}$  e de  $-3$  a  $0^{\circ}\text{C}$ , o florescimento da cebola é fortemente reduzido ou suprimido.

Por sua vez, em 2022, as temperaturas mínimas médias para os meses de julho ( $10,26^{\circ}\text{C}$ ), agosto ( $9,78^{\circ}\text{C}$ ) e setembro ( $11,15^{\circ}\text{C}$ ) estiveram

abaixo de 13°C. Portanto, foram registradas temperaturas baixas por mais de 90 dias em plantas com maior desenvolvimento vegetativo.

O frio tardio registrado em 2022 pelo período superior a 90 dias associado a plantas de maior porte, que no final de setembro iniciam a bulbificação, conduziram ao elevado florescimento (25,65%), o que reduziu fortemente a produtividade de bulbos (Figura 3 e Tabela 3) em relação ao ano de 2021.

Em 2022, não foram registradas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) para o parcelamento de fósforo. Entretanto, o aumento da densidade populacional elevou o florescimento das plantas, o que pode estar relacionado à menor circulação de ar e, conseqüente diminuição ainda maior da temperatura no interior do dossel vegetativo (Figura 3).

## CONCLUSÃO

Com base nos resultados, conclui-se que o parcelamento de fósforo pode ser realizado mensalmente sem interferir na produtividade e florescimento da cebola em sistema fertirrigado, sendo possível a obtenção de produtividades acima de 54 t ha<sup>-1</sup> de bulbos de cebola em Cambissolo Háplico.

As populações de 300 a 500 mil plantas ha<sup>-1</sup> são aquelas que proporcionam a maior formação de bulbos mais valorizados no mercado (classes 3 e 4).

Um quarto das plantas de cebola do cultivar SCS373 - Valessul floresce quando submetidas a temperaturas mínimas médias abaixo de 13°C por mais de noventa dias. Nessa condição, o aumento da densidade de plantas concorre para o aumento do florescimento da cebola.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pelo financiamento do trabalho. Aos servidores da Epagri: técnico agrícola Marcelo Pitz e operário de campo Odair Justen.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bravin, M.P.; Bravin, N.P.; Abreu M.G.P.; Leite, HMF; Tavella, LB. (2021). Desempenho produtivo de cultivares de cebola em função do espaçamento

entre plantas. **Revista Científica Rural**, 23(2): 59-71 Doi: <https://doi.org/10.29327/246831.23.2-5>

Brewster, J.L. (2008). **Onions and other vegetables alliums**. 2 ed. UK: Wellesbourne. 455p.

Carrijo, O.A.; Souza, R.B.; Marouelli, W.A.; Andrade, R.J. (2005). **Fertirrigação de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças. 13p. (Circular Técnica, 32).

CQFS-RS/SC. (2016). **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul. 376p.

Eissa, M.A. (2014) Effect of Low and High Frequency of phosphorus fertigation on movement of different forms of phosphorus fertilizers in sandy calcareous soils. **World Applied Sciences Journal**. 31 (12): 2045-2050.

EMBRAPA (2023). **Como plantar cebola: Clima**. Embrapa Hortaliças: Brasília. Consultado em: 27 fev de 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/hortalicas/cebola/clima>.

EPAGRI. (2013) **Sistema de produção para cebola: Santa Catarina**. Epagri. Sistemas de Produção n°46. Florianópolis: Epagri. 106p.

EPAGRI-CEPA. (2023) **Infoagro: Monitoramento de Safras e Mercados Agrícolas**. Consultado em: 28 fev. 2023. Disponível em: <https://www.infoagro.sc.gov.br/safra/>.

Gugel, J.T. (2023). **Cebola**. Boletim Agropecuário. Florianópolis: Epagri/Cepa. n° 117, p. 23-28. 2023. Consultado em: 28 fev. 2023. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/index.php/ba/article/view/1596/1463>.

Henriques, G.P.S.A.; Grangeiro, L.C.; Paulino, R.C.; Marrocos, S.T.P.; Sousa, V.F.L.; Ribeiro, R. M.P. (2014). Produção de cebola cultivada sob diferentes densidades de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 18 (7): 682–687.

Iqbal, Z.; Yaqub, M.; Akram, M; Ahmad, R. (2013). Phosphorus fertigation: A technique for enhancing P

- fertilizer efficiency and yield of wheat and maize. **Soil and Environment**, 32:(2): 146-151.
- Kang, L., Zhang, G.; Chu, G. (2021). Split Delivering phosphorus via fertigation to a calcareous soil increased P availability and maize yield (*Zea mays* L.) by reducing P fixation. **Journal of Soils Sediments**, 21: 2287–2300. <https://doi.org/10.1007/s11368-021-02914-1>
- Khokhar, K.M. (2014). Flowering and Seed Development in Onion – A Review. **Open Journal**, 1:e1049. Consultado em: 22 fev. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4236/oalib.1101049>.
- Kurtz, C; Pauletti, V; Fayad, J.A.; Vieira Neto, J. (2016). Crescimento e absorção de nutrientes pela cultivar de cebola Bola Precoce. **Horticultura Brasileira**, 34: 279-288.
- Kurtz, C.; Menezes Júnior, F.O.G.; Higashikawa, F.S. (2018) **Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura da cebola**. Florianópolis: Epagri. 104p.
- Li Q., Xu C., Yin C.X., Kong L.L., Qin Y.B., Hou Y.P., Wang H.J., Zhao L.P. (2019). Evaluation of fertigation technique for phosphorus application of maize in the semi-arid region of Northeast China. **Plant Soil Environment**, 65 (8): 401–407.
- Menezes, F.O.G.; Marcuzzo, L.L. (2016). **Manual de Boas Práticas Agrícolas: Guia para a sustentabilidade das lavouras de cebola do estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri. 2016. 143p.
- Menezes Júnior, F.O.G.; Vieira Neto, J.; Gonçalves, P.A.S.; Kurtz, C. (2015). Índices de clorofila da cebola fertirrigada sob diferentes doses de nitrogênio como parâmetro de suficiência. In: **XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2015, Natal RN. XXXV CBCS: O solo e suas múltiplas funções.
- Menezes, F.O.G.; Resende, R.S.; Araújo, E. R. (2021). Severidade do míldio da cebola em sistema superadensado para as condições do Alto Vale do Itajaí – SC. **Summa Phytopathologica**, 47 (2): 116–121.
- Menezes Júnior, F. O.G.; Kurtz, C. (2016). Produtividade da cebola fertirrigada sob diferentes doses de nitrogênio e densidades populacionais. **Horticultura Brasileira**, 34(4):571-579. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620160418>. Acesso em: 22 fev. 2023.
- Menezes Júnior, F.O.G.; Gonçalves, P.A.S.; Araújo, E.R.; Kurtz, C. (2022) Produtividade, fitossanidade e perdas em pós-colheita da cebola fertirrigada sob parcelamentos de nutrientes e densidades populacionais. **Revista Thema**, 21 (1): 154–173 DOI: 10.15536/thema.V21.2022.154-173.2355. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/artic/e/view/2355>. Acesso em: 16 fev. 2023.
- Papadopoulos, I; Ristimäki, L.M. (2000). Nitrogen and phosphorus fertigation of tomato and eggplant. **Acta Horticulturae**, 511:73-80 DOI: 10.17660/ActaHortic.2000.511.8 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.511.8>
- Satpute, S. T.; Singh, M.; Khanna, M.; Singh, A. K.; Ahmad, T. (2013). Response of drip irrigated onion crop to irrigation intervals and fertigation strategies. **Indian Journal of Horticulture**, 70 (2): 293-295.
- Santos, C.F.B.; Biscaro, G.A.; Barbizan, T; Zomerfeld, O.S.; Drehmer, K.K.B. (2020). Efeito da fertirrigação no crescimento de híbridos de cebola em cultivo irrigado. IN: **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação, IV – EIGEDIN, Anais...** v.4, n.1 (2020). 15 p. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/EIGEDIN/artic/e/view/11463>
- Silber, A.; Bruner, M.; Kenig, E.; Reshef, G.; Zohar, H.; Posalski, I.; Yehezkel, H.; Shmuel, D.; Cohen, S.; Dinar, M.; Matan, E.; Dinkin, I.; Cohen, Y.; Karni, L.; Aloni, B.; Assouline, S. (2005). High fertigation frequency and phosphorus level: Effects on summer-grown bell pepper growth and blossom-end rot incidence. **Plant and Soil**, 270(1/2):135–146. <http://www.jstor.org/stable/24125101>
- R Core Team. (2017). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2017.

