

ÍNDICE DE CLOROFILA E FLORESCIMENTO DA CEBOLA FERTIRRIGADA SOB PARCELAMENTOS DE NUTRIENTES E DENSIDADES POPULACIONAIS

Francisco Olmar Gervini de Menezes Júnior¹, Claudinei Kurtz²

RESUMO:

A análise de nitrogênio em tempo real por clorofilômetros auxilia no diagnóstico e correção de problemas nutricionais. Contudo, a simples leitura dos índices de clorofila dos clorofilômetros, sem a devida calibração e interpretação dos resultados para cada espécie, impossibilita que ações precisas sejam indicadas por técnicos em relação a adubação nitrogenada. Nesse contexto, foi analisada a relação entre o parcelamento de nutrientes e a densidade populacional sobre o desenvolvimento vegetativo (número de folhas), a produtividade, índice de clorofila e florescimento da cebola sob cultivo em plantio direto fertirrigado no Alto Vale do Itajaí, SC. Os ensaios foram conduzidos em 2017, 2018, 2019 e 2020, em Ituporanga - SC. Os tratamentos foram quatro densidade populacionais (300, 400, 500 e 600 mil plantas ha⁻¹) submetidas a aplicações de nitrogênio e potássio parcelados de forma semanal, quinzenal e mensal. A interpretação dos índices de clorofila durante o ciclo de cultivo deve considerar as condições climáticas, a densidade de plantas e o desenvolvimento vegetativo, não sendo influenciada pelo parcelamento de nitrogênio. Temperaturas elevadas, baixa umidade relativa do ar e precipitações irregulares aceleraram o desenvolvimento vegetativo e a bulbificação, e reduziram a produtividade. Durante o ciclo de cultivo, sob condições meteorológicas favoráveis, o parcelamento semanal aumentou a produtividade comercial total, de bulbos da classe 3 e das classes superiores a classe 3. Sob condições climáticas menos favoráveis o aumento da densidade de plantas concorreu para o aumento da produtividade comercial total e de bulbos da classe 2. O aumento da densidade de plantas reduziu o índice de clorofila, e a partir de 500 mil plantas reduziu o número de folhas aumentou bulbos da classe 2 e reduziu bulbos da classe 3 e das classes superiores a classe 3. O parcelamento de nutrientes e a densidade de plantas não interferiram no florescimento dos bulbos de cebola.

Palavras-chave: *Allium cepa*, desenvolvimento, produtividade, plantio direto, nitrogênio, potássio.

CHLOROPHYLL INDEX AND FLOWERING OF FERTIGATED ONION UNDER INSTALLMENT OF NUTRIENTS AND PLANT DENSITIES.

ABSTRACT:

Real-time nitrogen analysis using chlorophyll meters helps to diagnose and correct nutritional problems. However, the simple reading of the chlorophyll indexes of the chlorophyll meters, without the proper calibration and interpretation of the results for each species, precludes the indication of precise actions about nitrogen fertilization by technicians. In this context, the relationship between nutrient splitting and population density on vegetative development (number of leaves), productivity, chlorophyll index, and onion flowering under fertigated no-tillage cultivation in Alto Vale do Itajaí, SC was analyzed. The tests were conducted in 2017, 2018, 2019, and 2020 in Ituporanga - SC. The treatments were four population densities (300, 400, 500 and 600 thousand plants ha⁻¹) submitted to applications of nitrogen and potassium in weekly, fortnightly and monthly installments. The interpretation of chlorophyll indexes during the crop cycle should consider climatic

¹ Pesquisador Doutor em Produção Vegetal. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina- Epagri – Estação Experimental de Ituporanga, Ituporanga-SC. franciscomenezes@epagri.sc.gov.br; <https://orcid.org/0000-0001-9885-4060>

² Pesquisador Doutor em Ciência do Solo. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina- Epagri – Estação Experimental de Ituporanga, Ituporanga-SC. kurtz@epagri.sc.gov.br; <https://orcid.org/0000-0002-1688-6139>

conditions, plant density, and vegetative development without being influenced by nitrogen splitting. High temperatures, low relative humidity, and irregular rainfall accelerate vegetative development and bulbing and reduce productivity. During the growing cycle, under favorable weather conditions, weekly splitting increases the commercial productivity of class 3 bulbs and of those above class 3. Under less favorable climatic conditions, the increase in plant density contributes to an increase in commercial productivity and of class 2 bulbs. The increase in plant density reduces the chlorophyll content, and from 500,000 plants onwards, it reduces the number of leaves, increases class 2 bulbs, and reduces class 3 bulbs and those from classes above 3. Nutrient splitting and plant density do not interfere with the flowering of onion bulbs.

Keywords: *Allium cepa*; development; productivity; no-tillage; nitrogen; potassium.

INTRODUÇÃO

O estado de Santa Catarina (SC) é o principal produtor nacional de bulbos de cebola, uma atividade conduzida por agricultores familiares responsáveis por significativa geração de emprego e renda no meio rural. Dados do IBGE (2018) indicam que somente em SC a cultura envolva 8.289 estabelecimentos. Em 2020 foram produzidas em SC 528.439,05 toneladas de cebola numa área de 18.682 hectares, produtividade de 28,29 t ha⁻¹, valor comercializado de R\$ 686,972 milhões e preço médio por quilo de R\$ 1,30 (IBGE, 2020).

A expansão do cultivo da cebola na principal região produtora de SC, o Alto Vale do Itajaí (AVI), vê-se limitada à presença de áreas com grande declive. Nessa situação, uma das principais formas de se aumentar a produtividade da cebola é o uso de maiores densidades populacionais. Para que essa estratégia tenha sucesso, os sistemas de cultivo desenvolvidos devem, além de serem produtivos, ter a capacidade de racionalizar o uso da água, de fertilizantes e de produtos fitossanitários. Um dos sistemas promissores que poderão auxiliar na consecução de tais objetivos é o sistema de plantio direto (SPD) fertirrigado por gotejamento. Esse, destaca-se pela alta produtividade e possibilidade de racionalização de insumos e mão de obra (Pinto et al., 2018).

A produtividade média em SC nos últimos nove anos foi de 19 t ha⁻¹. No mesmo período, estudos realizados pela Epagri – Estação Experimental de Ituporanga, na região do Alto Vale do Itajaí, indicaram no SPD fertirrigado por gotejamento uma produtividade média de 42 t ha⁻¹, sendo possível, em anos sob condições climáticas favoráveis ao cultivo da cebola, produtividades superiores a 62 t ha⁻¹ (Menezes Júnior & Kurtz, 2016).

Estes números podem ser considerados relevantes num estado onde predomina o uso de cultivares de polinização aberta, solos de difícil mecanização (Cambissolos) (Embrapa, 2002) e condições propícias a problemas fitossanitários. Adite-se a isso a grande irregularidade de chuvas

(frequência e intensidade) e a ocorrência de fenômenos extremos como seca, alta umidade relativa do ar, temperaturas elevadas, precipitações elevadas e granizo (Back, 2020)

O desenvolvimento do SPD fertirrigado por gotejamento passa, também, pela busca de metodologias que auxiliem a interpretar o sistema e racionalizar o uso de insumos. Dentre estas, pode ser citada a determinação indireta da suficiência em tempo real do nitrogênio com o uso de clorofilômetros. Essa técnica permite que o agricultor possa determinar, de forma imediata, a necessidade de aplicação adicional de nitrogênio (Fontes, 2011). No entanto, a interpretação dos dados requer, além da calibração do método, estudos que permitam uma visão mais global do agroecossistema.

Na cultura da cebola, estudos realizados por Menezes Júnior et al. (2015), citado por Menezes Júnior & Marcuzzo (2016), no período de quatro anos, definiram parâmetros para indicar suficiência de nitrogênio com o uso de clorofilômetro (Clorofilog-CFL1030 - Falker®), e determinar períodos de maior correlação entre os dados fornecidos pelo equipamento e a produtividade para diferentes populações de plantas. O estudo revelou que a dose de 150 kg ha⁻¹ pode ser utilizada como um marco referencial de suficiência (MRS) às densidades populacionais de 300, 400, 500 e 600 mil plantas ha⁻¹, para uma produtividade média de 47 t ha⁻¹, e que as leituras do índice de clorofila para a cultura da cebola para serem correlacionadas à produtividade devem ser realizadas de 60 aos 113 dias após o transplante (DAT). Nesse caso, os autores forneceram o nitrogênio e o potássio de forma semanal de acordo com a curva de absorção dos nutrientes.

É importante salientar que na cultura da cebola estudos que relacionem parâmetros de desenvolvimento das plantas (número de folhas), a produtividade, o índice de clorofila (IC) e a interpretação dos valores do IC mensurados para cada modelo de clorofilômetro são escassos (Menezes Júnior et al., 2015; Kurtz et al., 2018).

Ao considerar estes, o objetivo foi estudar o efeito do parcelamento de nutrientes (nitrogênio e

potássio) e da população de plantas no desenvolvimento, na produtividade, interpretação do índice de clorofila e florescimento da cebola em sistema de plantio direto fertirrigado para as condições do Alto Vale do Itajaí-SC.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de quatro anos (2017 a 2020), 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 Köeppen, o clima local é do tipo Cfa. O cultivar utilizado foi Empasc 352 - Bola Precoce. O solo da área experimental é classificado como Cambissolo Háptico de textura argilosa (Embrapa, 2018).

Na Tabela 1, pode-se observar os resultados da análise química do solo da área experimental para amostras retiradas na profundidade de 0-20 cm, para os anos de 2017, 2018, 2019, 2020.

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental para amostras retiradas na profundidade de 0-20 cm, para os anos de 2017, 2018, 2019, 2020.

Parâmetro	2017	2018	2019	2020
Argila (g kg ⁻¹)	500,0	435,0	420,0	470,0
pH (H ₂ O)	6,0	5,8	5,7	5,6
pH (SMP)	6,1	6,0	5,8	5,9
M.O. (g kg ⁻¹)	37,0	32,0	21,5	30,0
P (Mehlich 1 - mg dm ⁻³)	25,4	10,5	21,7	20,9
K (mg dm ⁻³)	156,0	111,0	152,0	204,6
Ca (cmolc dm ⁻³)	8,3	7,4	11,4	6,1
Mg (cmolc dm ⁻³)	3,3	2,8	5,0	3,1
S (mg kg ⁻¹)	13,0	40,5	20,9	49,4
CTC (pH 7,0 - cmolc dm ⁻³)	16,1	14,8	22,7	14,7
Al (cmolc dm ⁻³)	0,0	0,0	0,0	0,0
H + Al (cmolc dm ⁻³)	4,1	4,4	5,9	5,0
Cu (mg dm ⁻³)	4,3	2,0	2,1	2,8
Zn (mg dm ⁻³)	6,9	4,5	4,2	6,7
Fe (mg dm ⁻³)	87,0	103,0	88,0	77,0
Mn (mg dm ⁻³)	25,5	24,2	32,5	45,7
B (mg dm ⁻³)	0,8	0,3	0,3	1,1

Mudas do cultivar Empasc 352 Bola Precoce foram produzidas com base nos referenciais tecnológicos EPAGRI (2013) e Menezes Júnior, (2016). As sementeiras foram realizadas em 20/04/2017, 18/04/2018, 23/04/2019 e 18/04/2020, os transplantes em 20/07/2017, 17/07/2018, 16/07/2019 e 21/07/2020 e as colheitas em 16/11/2017, 21/11/18, 11/11/2019 e 12/11/2020. As áreas experimentais foram semeadas no final de dezembro e abril de cada ano com milho (30 kg sementes ha⁻¹) e nabo forrageiro (10 kg sementes ha⁻¹) mais centeio (60 kg sementes ha⁻¹), respectivamente.

Em cada ano, antes do transplante das mudas as plantas de cobertura/adubação verde foram

dessecadas com glifosato sendo, após a passagem de um rolo faca, deixadas sobre o solo. Após essa operação, também antes do transplante, foram aplicados em pulverização 10 kg de ácido bórico ha⁻¹ e 20 kg de sulfato de zinco ha⁻¹.

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com seis repetições. A área total de cada parcela experimental foi de 7,5 m² (2,5 x 3,0 m), tendo como área útil 3,0 m².

Os tratamentos corresponderam a quatro densidades de plantas (300, 400, 500 e 600 mil plantas ha⁻¹) submetidas a aplicações de nitrogênio (150 kg N ha⁻¹; nitrato de amônio) e potássio (127,5 kg K₂O ha⁻¹; cloreto de potássio), distribuídas ao

longo do ciclo vegetativo da cultura via fertirrigação, com base na curva de absorção dos referidos nutrientes para o cultivar Empasc 352 - Bola Precoce, de forma semanal, quinzenal e mensal.

Os sulcos de transplante foram abertos com o auxílio de uma sulcadeira mecânica. Nestes, com o objetivo de equiparar os níveis de fósforo no solo, procedeu-se a adubação de plantio com superfosfato simples na dose de 160 kg de P_2O_5 ha^{-1} . 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^{-1} , 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 $\frac{3}{4}$ de polegada) e linha secundária distribuidora (mangueira de $\frac{3}{4}$ 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 semanal 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 (no caso de fungicidas e inseticidas alternando-se princípios ativos) com produtos registrados para a cultura nas doses recomendadas pelos fabricantes.

Foram avaliados: a produtividade comercial total – bulbos com diâmetro transversal com valores iguais ou acima de 35 mm de diâmetro transversal, produtividade de bulbos da classe 2 – bulbos com diâmetro transversal entre 35 a 50 mm e de bulbos

classificados nas classes 3 e classes superiores a classe 3 – bulbos com diâmetro transversal acima de 50 mm, o número máximo de folhas (média das medições das datas de máxima produção de folhas dos tratamentos no período de quatro anos), índice médio de clorofila (média geral dos índices de clorofila no período de quatro anos), índice de clorofila (IC) (com clorofilômetro), número de folhas (NF) (por contagem) e florescimento (medido em percentagem na colheita dos bulbos).

Os ICs e NFs foram avaliados, em cada período de medição, em três plantas ao acaso por parcela, cuja média compôs uma leitura. Foram realizadas ao longo do ciclo seis leituras em 2017 (aos 18, 39, 60, 67, 88 e 103 dias após o transplante – DAT) e 2018 (aos 21, 41, 55, 66, 94 e 113 DAT), e cinco leituras em 2019 (49, 70, 86, 100 e 111 DAT) e em 2020 (aos 27, 52, 62, 86 e 97 DAT).

As medições dos índices de clorofila foram realizadas com auxílio de um clorofilômetro (Clorofilog-CFL1030 - Falker®) na porção central da primeira folha totalmente expandida e de maior comprimento, em dia ensolarado. Os resultados obtidos dos índices de clorofila foram comparados às curvas de calibração de suficiência desenvolvidas por Menezes Júnior et al. (2015) para o referido aparelho e populações de plantas.

Durante os experimentos de 2017, 2018, 2019 e 2020, registraram-se na Estação Meteorológica da Estação Experimental de Ituporanga da Epagri as variáveis meteorológicas para os distintos períodos de desenvolvimento da cebola (Figura 1) (EPAGRI, 2020).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância (normalidade e homogeneidade das variâncias), análise de regressão e teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro com o programa estatístico “Rstudio” (R Core Team, 2017).

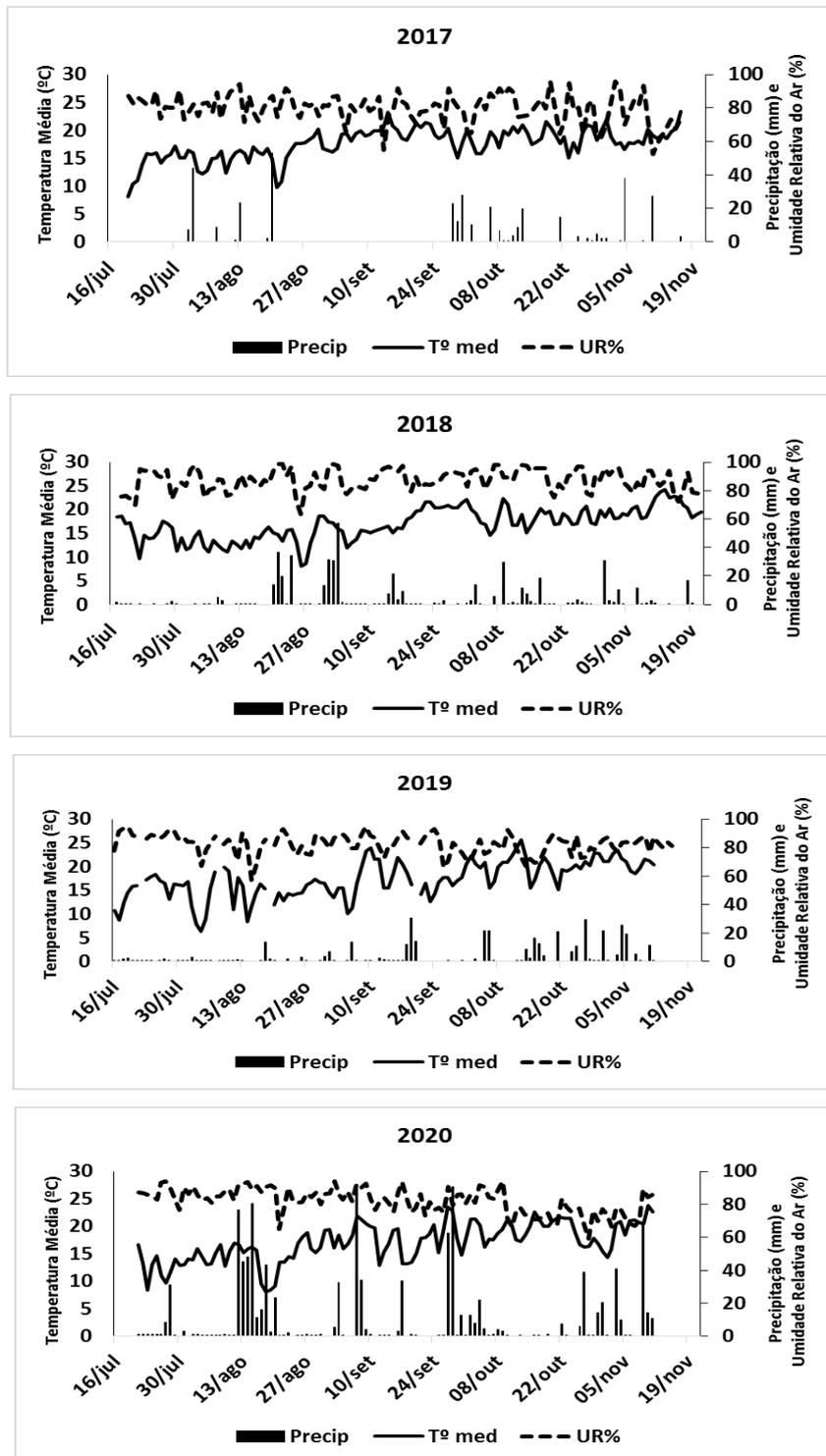


Figura 1. Variação diária da precipitação (em mm), da temperatura média (°C) e da umidade relativa do ar (%) nos períodos experimentais (transplante a colheita) em 2017 a 2020. Epagri, Ituporanga, SC (Epagri, 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produtividade, índices de clorofila e número de folhas

Os dados experimentais revelaram a ausência de interações significativas ($p > 0,05$) para o índice médio de clorofila, o número máximo de folhas e as produtividades, entre o parcelamento de nutrientes

(nitrogênio e potássio) e a densidade de plantas (Tabelas 2, 3 e 4).

Nas Figuras 2, 3, 4 e 5, encontram-se as leituras dos índices de clorofila, limites de suficiência, em dias após o transplante, para densidades populacionais de 300 a 600 mil plantas ha^{-1} e parcelamentos semanal, quinzenal e mensal, em 2017, 2018, 2019 e 2020, respectivamente.

Tabela 2 - Índice de clorofila e número máximo de folhas conforme o parcelamento de nutrientes semanal, quinzenal e mensal de nitrogênio e potássio e densidades populacionais (plantas ha^{-1}) na média das observações de 2017 a 2020.

Parcelamento de nutrientes	Índice de clorofila	Número máximo de folhas	Densidade de plantas	Índice de clorofila	Número máximo de folhas
Semanal	66,27 ns	9,15 ns	300 mil	67,26 a	9,44 a
Quinzenal	66,00	9,14	400 mil	66,61 ab	9,31 a
Mensal	66,75	9,15	500 mil	65,95 bc	9,00 b
			600 mil	65,51 c	8,83 b
Média	66,34	9,15	Média	66,34	9,15
Pr>Fc	0,080	0,100	Pr>Fc	< 0,001	< 0,001
C.V. (%)	1,23	3,51	C.V. (%)	1,23	3,51

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

* Dados sem distribuição normal.

Ao se considerar os dados médios do índice médio de clorofila e do número máximo de folhas, observam-se valores não significativos ($p > 0,05$) para os parcelamentos. Em relação a densidade de plantas os dados indicam que quanto maior a população de plantas, menores os índices de clorofila e número médio de folhas, em especial, a partir de 500 mil plantas ha^{-1} (Tabela 2). Tal fato pode ser atribuído a competição indireta intraespecífica por recursos como água, luz e nutrientes (Burslem et al., 2005).

O parcelamento de nutrientes não influenciou significativamente ($p > 0,05$) as produtividades para os anos agrícolas de 2017 e 2019 (Tabela 3).

Em 2017 foram registradas as menores produtividades comerciais totais de bulbos com diâmetro superior a 50 mm, ou seja, bulbos classificados nas classes 3 e classes superiores a classe 3 (Tabelas 3 e 4). Nesse ano, as plantas

mostraram o menor desenvolvimento vegetativo, indicado pelo menor número médio de folhas (Figura 6). No entanto, as leituras dos índices de clorofila para a maioria das datas de observação (DAT – dias após o transplante) para os parcelamentos estiveram acima do limite de suficiência determinado por Menezes Júnior et al. (2015) (Figura 2).

Num primeiro momento, as leituras indicariam que a dose de nitrogênio e parcelamentos efetuados foram suficientes para suprir o nutriente acima das necessidades da cultura. Contudo, valores mais elevados de índices de clorofila na cultura da cebola e em outras espécies têm sido observados quando da redução do teor de água no solo e sob condição de déficit hídrico (Carvalho et al, 2003; Menezes Júnior et al., 2014). Esse fato ocorreu de forma explícita no presente trabalho para o ano de 2017.

Tabela 3 - Produtividade comercial total, produtividade bulbos classe 2 (diâmetro transversal de 35 a 50 mm) e produtividade de bulbos classe 3 e classe superior a classe 3 (diâmetro transversal acima de 50 mm) conforme o parcelamento de nutrientes semanal, quinzenal e mensal de nitrogênio e potássio para os anos de 2017 a 2020.

Parcelamento de nutrientes	Produtividade comercial total (t ha ⁻¹)			
	2017	2018	2019	2020
Semanal	12,88 ns	30,75 ns	27,37 ns	46,89 a
Quinzenal	13,68	28,95	27,89	41,95 b
Mensal	13,70	30,84	26,11	43,20 b
Média	13,42	30,18	27,12	44,01
Pr>Fc	0,280	0,080	0,200	< 0,001
C.V. (%)	15,06	10,80	12,94	8,06
Parcelamento de nutrientes	Produtividade de bulbos da classe 2 (t ha ⁻¹)			
	2017	2018	2019	2020
Semanal	12,16 ns	12,61 ab	9,64 ns	9,34 ns
Quinzenal	12,54	13,44 a	8,95	9,97
Mensal	12,66	11,65 b	9,26	9,90
Média	12,45	12,56	9,28	9,74
Pr>Fc	0,660	0,002	0,400	0,500
C.V. (%)	15,94	13,24	18,87	20,70
Parcelamento de nutrientes	Produtividade de Bulbos da classe 3 e das classes superiores a			
	2017	2018	2019	2020
Semanal	0,73*	18,14 ab	18,11 ns	37,55 a
Quinzenal	1,15	15,51 b	18,93	31,97 b
Mensal	1,04	19,19 a	16,47	33,30 b
Média	0,97	17,62	17,84	34,28
Pr>Fc	-	0,007	0,080	< 0,001
C.V. (%)	-	22,71	21,20	13,66

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

* Dados sem distribuição normal.

No período de desenvolvimento e maturação dos bulbos a umidade relativa do ar foi mais baixa (77,1%), as temperaturas foram mais elevadas, comparado aos demais anos do estudo, associada a períodos com precipitação de maior intensidade, porém pouco frequentes (Figura 1). Na cebola, temperaturas elevadas durante a fase inicial de crescimento de plantas, podem provocar bulbificação precoce (Oliveira et al., 2016; Menezes Júnior et al., 2020). Essas condições conduziram a um menor desenvolvimento vegetativo da planta e consequentemente a redução da produtividade, sendo as leituras dos índices de clorofila influenciadas tanto por fatores bióticos quanto abióticos (déficit hídrico).

No ano de 2019, as produtividades (produtividade comercial total de 27,12 t ha⁻¹ e

produtividade de bulbos da classe 3 e das classes superiores a classe 3 de 17,84 t ha⁻¹) também podem ser consideradas baixas para o cultivo em plantio direto fertirrigado por gotejamento, onde no Alto Vale do Itajaí com o sistema são alcançadas produtividades superiores a 62 t ha⁻¹ (Menezes Júnior & Kurtz, 2016). Em 2019, a precipitação no período de desenvolvimento inicial foi ainda menor do que em 2017 e no período de desenvolvimento e maturação de bulbos as temperaturas foram ainda mais elevadas que em 2017, sendo registradas precipitações maiores que 2017 e 2018, condições que provavelmente foram responsáveis pela menor produtividade (Figura 1).

Tabela 4 - Produtividade comercial total, produtividade bulbos classe 2 (diâmetro transversal de 35 a 50 mm) e produtividade de bulbos classe 3 e classe superior a classe 3 (diâmetro transversal acima de 50 mm) conforme a densidade de plantas (plantas ha⁻¹) para os anos de 2017 a 2020.

Densidade de plantas	Produtividade comercial total (t ha ⁻¹)			
	2017	2018	2019	2020
300 mil	13,46 ns	26,96 b	22,52 c	41,78 b
400 mil	14,12	30,12 a	26,64 b	43,78 ab
500 mil	13,62	32,05 a	28,57 ab	45,20 a
600 mil	12,49	31,59 a	30,75 a	45,29 a
Média	13,42	30,18	27,12	44,01
Pr>Fc	0,117	< 0,001	< 0,001	0,014
C.V. (%)	15,06	10,80	12,94	8,06
Densidade de plantas	Produtividade de bulbos da classe 2 (t ha ⁻¹)			
	2017	2018	2019	2020
300 mil	11,07 b	5,02 d	2,54 d	1,74 d
400 mil	13,25 a	9,16 c	6,84 c	5,51 c
500 mil	13,20 a	16,51 b	10,79 b	12,40 b
600 mil	12,28 ab	19,56 a	16,96 a	19,29 a
Média	12,45	12,56	9,28	9,74
Pr>Fc	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
C.V. (%)	15,94	13,24	18,87	20,70
Densidade de plantas	Produtividade de Bulbos da classe 3 e das classes superiores a classe 3 (t ha ⁻¹)			
	2017	2018	2019	2020
300 mil	2,39*	21,94 a	19,98 a	40,04 a
400 mil	0,87	20,96 a	19,80 a	38,27 a
500 mil	0,41	15,54 b	17,78 a	32,79 b
600 mil	0,20	12,02 b	13,79 b	26,00 c
Média	0,97	17,62	17,84	34,28
Pr>Fc	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001
C.V. (%)	-	22,71	21,20	13,66

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

* Dados sem distribuição normal.

Além disso, em 2019, devido a ocorrência de granizo, os bulbos foram colhidos antes de seu crescimento e maturação completos (ou seja, antes do tombamento natural do pseudocaule), com perdas médias de produtividade de 14 % na fase de colheita oriundas de podridões causadas por bacterioses. Assim, o menor número de folhas e as menores produtividades de 2019 em relação a 2018 e 2020, estiveram relacionadas às condições meteorológicas desfavoráveis.

Em 2019, para todas as datas de observação (DAT – dias após o transplante) e parcelamentos de N e P, foram registrados índices de clorofila abaixo do limite de suficiência e menor desenvolvimento vegetativo da planta (menor número médio de folhas) (Figuras 4 e 6). A indicação da necessidade de complementação de nitrogênio esteve relacionada a baixa disponibilidade de água no período de desenvolvimento inicial, que associada a temperaturas elevadas prejudicou a absorção dos nutrientes pelas plantas (Figura 1).

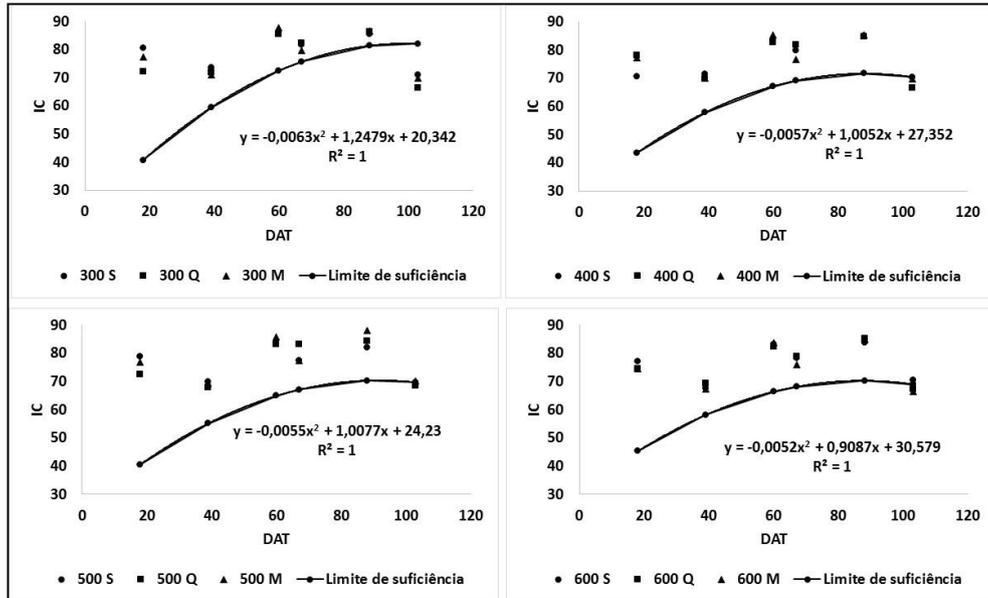


Figura 2. Índice de clorofila (IC), limite de suficiência, em dias após o transplante (DAT), para densidades populacionais de 300 a 600 mil plantas ha⁻¹ e parcelamentos semanal (s), quinzenal (q) e mensal (m), em 2017.

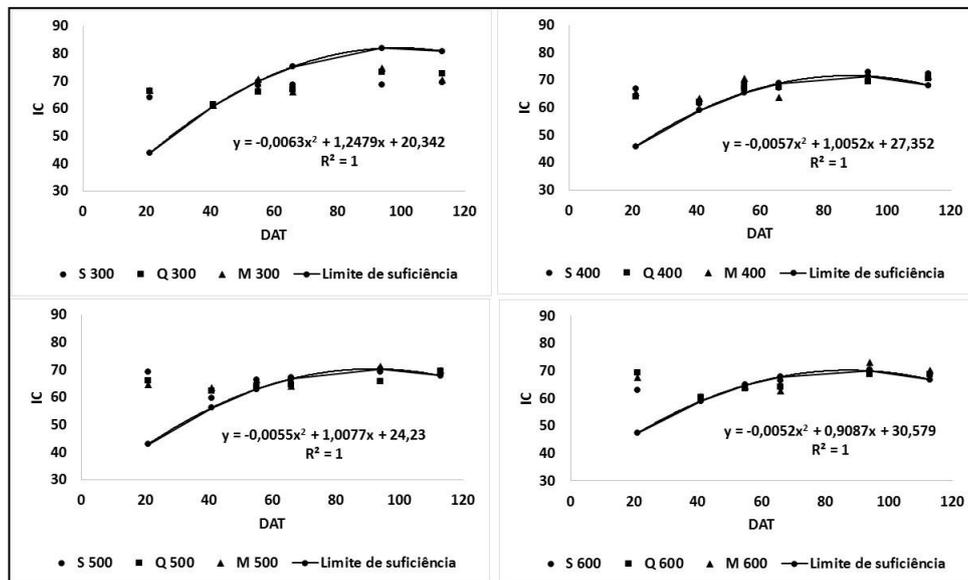


Figura 3. Índice de clorofila (IC), limite de suficiência, em dias após o transplante (DAT), para densidades populacionais de 300 a 600 mil plantas ha⁻¹ e parcelamentos semanal (S), quinzenal (Q) e mensal (M), em 2018.

A absorção de nitrogênio ocorre principalmente por fluxo de massa e, portanto, há necessidade, além da presença do nutriente no solo, de água (Malavolta, 2006; Fontes, 2011; Kirkby, 2012).

A cebola apresenta um sistema radicular superficial, o que dificulta o acesso às reservas de água do solo, de modo que a sensibilidade da cultura a veranicos e/ou chuvas mal distribuídas é grande. Nessas condições, o déficit hídrico e/ou temperaturas elevadas induzem ao fechamento estomático, a

redução das taxas fotossintéticas, da respiração e do crescimento (Ferreira,1988; Oliveira et al., 2016).

De acordo com Oliveira et al. (2016), isso ocorre na cebola mesmo em condições de déficits hídricos levemente moderados, o que torna a cultura mais sensível à falta de água que a grande maioria dos cultivos comerciais.

Portanto, os resultados indicam que temperaturas elevadas, baixa umidade relativa do ar e precipitações escassas e/ou esparsas no início do ciclo durante o cultivo tendem a acelerar o desenvolvimento das plantas acarretando a maturação precoce (indicada pelo menor número de folhas e sua redução a partir de 85 dias após dados o transplante -

DAT) e redução da produtividade (Figura 6). Em 2019, ressalta-se a ocorrência de granizo em 24 de outubro, responsável por danos foliares, acelerar o ciclo e por perdas consideráveis na colheita.

Em 2018 e 2020 foram registradas condições climáticas mais favoráveis ao cultivo da cebola, ao maior desenvolvimento das plantas (maior número médio de folhas) e, por consequência, às maiores condições de produtividades (Tabela 3 e 4).

As Figuras 6 e 7 mostram a tendência de um maior número de folhas durante o ciclo para os anos de 2018 e 2020 em relação a 2017 e 2019, o que é válido para a comparação entre 2018 e 2020 (Figuras 6 e 7).

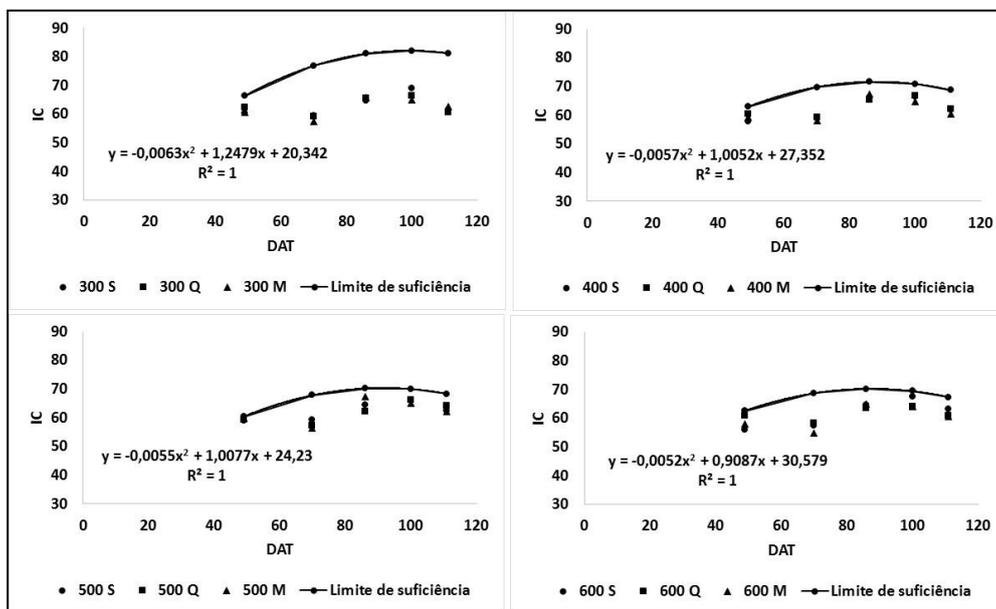


Figura 4. Índice de clorofila (IC), limite de suficiência, em dias após o transplante (DAT), para densidades populacionais de 300 a 600 mil plantas ha^{-1} e parcelamentos semanal (S), quinzenal (Q) e mensal (M), em 2019.

Ao encontro do presente trabalho, Menezes Júnior & Vieira Neto (2012), mencionam que quanto maior o número de folhas, maior a possibilidade de obtenção de bulbos de maior diâmetro e ganho de massa fresca, isso porque o número de folhas está diretamente relacionado ao número de bainhas foliares produzidas pelo órgão responsável pelo bulbo.

Por sua vez a maior permanência de folhas em condições climáticas favoráveis ao cultivo permite que as plantas possam realizar a fotossíntese por um maior período de tempo e, conseqüentemente, enviar uma maior quantidade de fotoassimilados para os bulbos, o que se reflete em maior produtividade (Manfron et al.,1992).

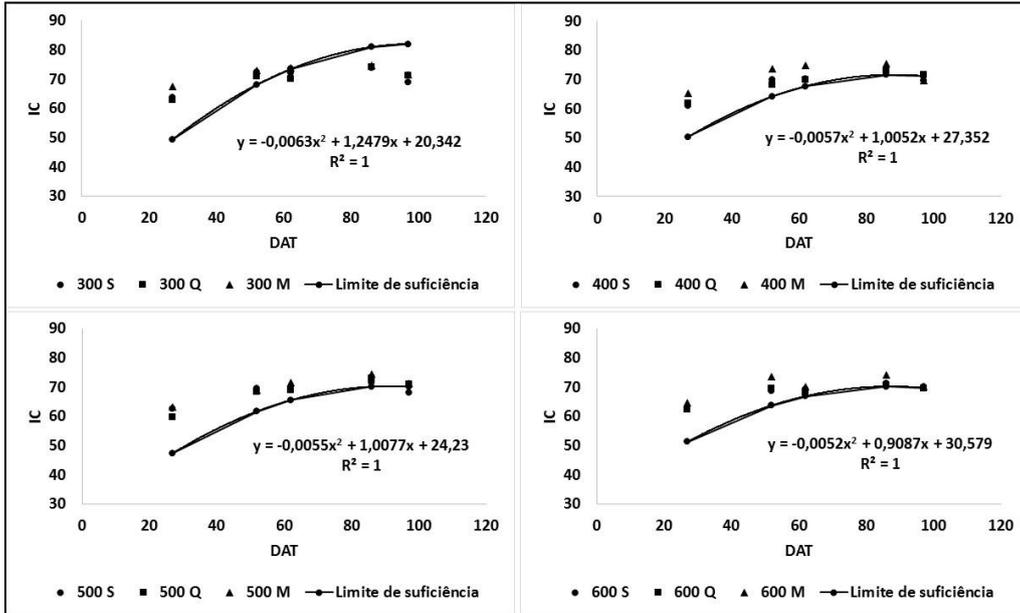


Figura 5. Índice de clorofila (IC), limite de suficiência, em dias após o transplante (DAT), para densidades populacionais de 300 a 600 mil plantas ha⁻¹ e parcelamentos semanal (S), quinzenal (Q) e mensal (M), em 2020.

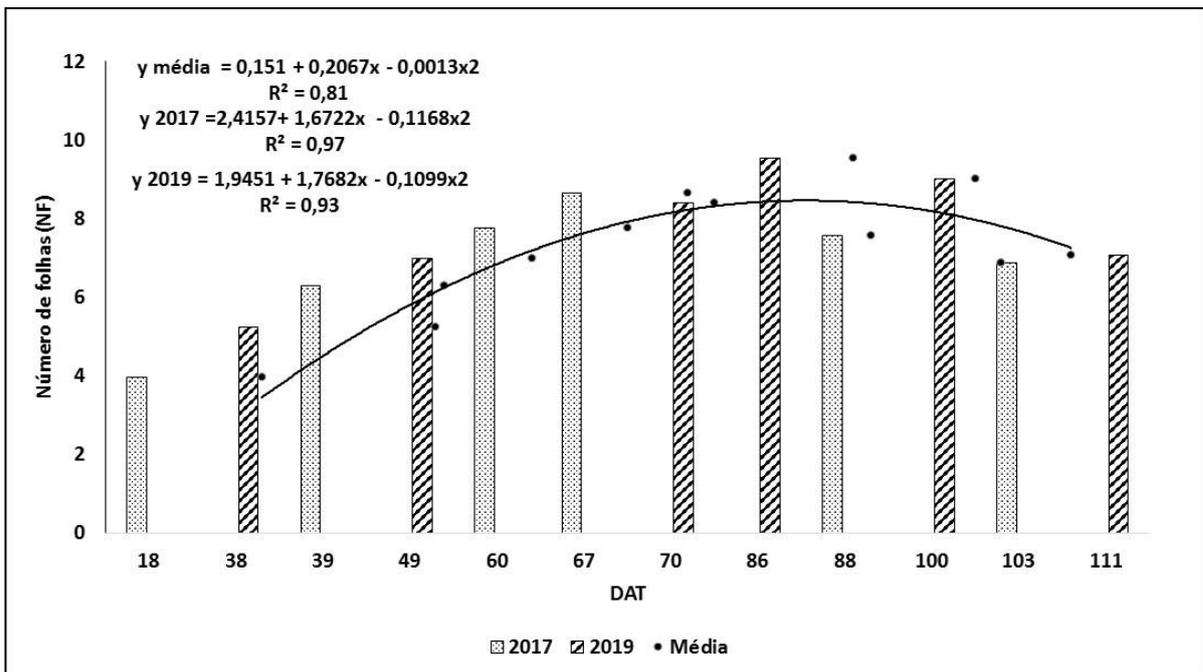


Figura 6. Número médio de folhas durante o ciclo, em dias após o transplante (DAT), em 2017 e 2019.

Em 2018, parcelamentos semanal e mensal tenderam a aumentar a produtividade de bulbos da classe 3 e superiores a classe 3 e reduzir a produtividade de bulbos da classe 2. Em 2020, ano que foram observadas as maiores produtividades, o

parcelamento semanal proporcionou um aumento de 9 % na produtividade comercial total e de 13% na produtividade de bulbos da classe 3 e das classes superiores a classe 3, em relação aos demais parcelamentos.

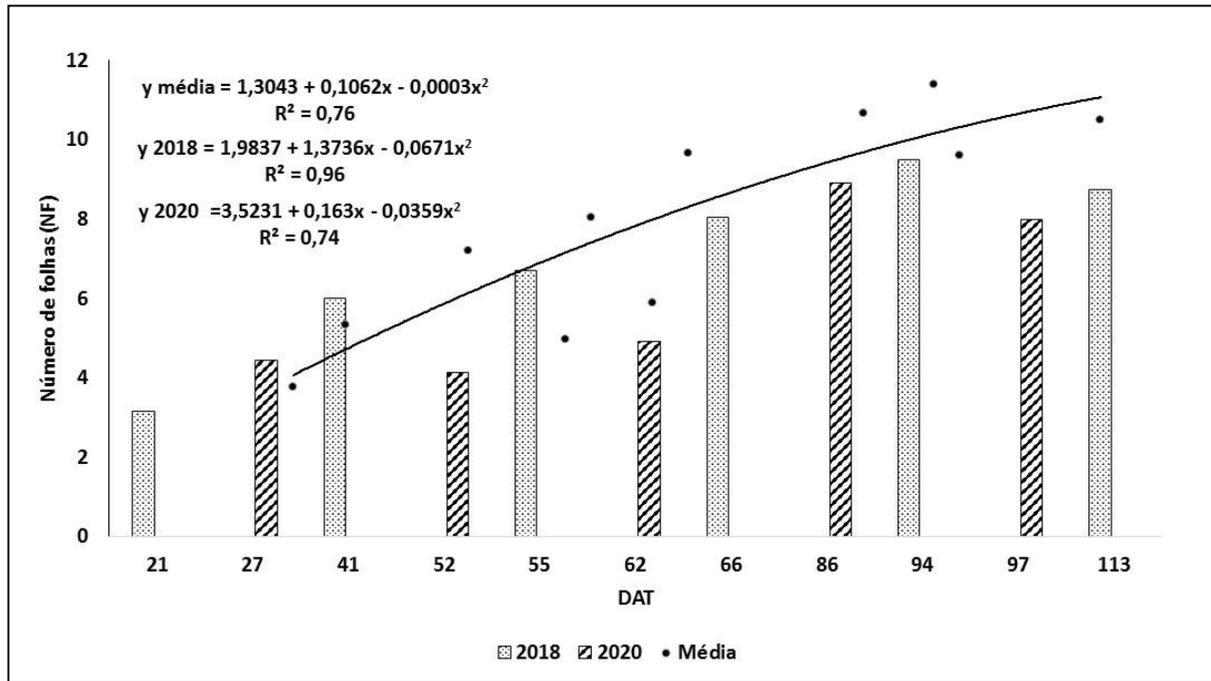


Figura 7. Número médio de folhas durante o ciclo, em dias após o transplante (DAT), em 2018 e 2020.

Ao se comparar estes anos, percebe-se que em 2018, no período de desenvolvimento inicial as temperaturas (média, mínima e máxima), a umidade relativa do ar e precipitação foram mais elevadas do que em 2020 (Figura 1). Por sua vez, no período de desenvolvimento e maturação dos bulbos as temperaturas foram similares em ambos os anos, mas a umidade relativa do ar e a precipitação foram mais elevadas em 2018, porém com menor frequência comparado ao ano de 2020 (Figura 1). É possivelmente ocasionou a menor produtividade neste ano.

Em 2018 os índices de clorofila, à exceção da densidade populacional de 300 mil plantas há-1, estiveram próximos na maioria dos casos ao limite de suficiência. Enquanto em 2020, a exceção do período final de maturação para a população de 300 mil plantas há-1, os resultados revelam índices de clorofila superiores ao limite de suficiência.

Na primeira metade do ciclo, período anterior ao início da bulbificação, as plantas acumulam menos de 1/3 do nitrogênio total. A maior demanda ocorre

após este período (73%), sendo a máxima taxa de absorção em aproximadamente 73 dias após o transplante das mudas (Kurtz et al., 2018). Os menores índices de clorofila e maiores produtividades de bulbos da classe 3 e das classes superiores a classe 3 para a densidade populacional de 300 mil plantas há-1, indicam uma maior absorção de nitrogênio ao final do ciclo e que a aplicação adicional do nutriente, em relação ao manejo realizado no presente trabalho, poderia ter elevado ainda mais a produtividade. É importante salientar que as doses recomendadas de nitrogênio para os solos catarinenses, tendo por base a CQFS-RS/SC (2016) raramente excedem 200 kg N há-1. Nos demais casos, em densidades de plantas maiores, é possível que a produtividade de bulbos da classe 3 e de bulbos acima da classe 3 tenha sido limitada pela competição intraespecífica em relação à luz e outros nutrientes. Assim, percebe-se que as curvas de calibração para menores densidades populacionais tendem a exigir maiores índices de clorofila para o limite de suficiência (Figuras 2 a 6).

Florescimento

O florescimento médio foi de zero, 0,82%, 0,25 % e 0,51% para os anos de 2017, 2018, 2019 e 2020, respectivamente.

Na cultura da cebola, o florescimento está principalmente associado a temperaturas abaixo de 9 a 13°C, em especial, no estágio de 3 a 5 folhas (Brewster, 2008). Contudo, além da temperatura, a adubação nitrogenada (Kurtz et al., 2013) e densidade populacional, também podem contribuir para o florescimento na cultura (Menezes Júnior & Kurtz, 2016).

Assim, as temperaturas mais elevadas em 2017 e 2018 são condizentes aos menores florescimentos observados nestes anos. Por sua vez, Kurtz et al (2013), em sistema de plantio direto com adubação convencional (adubos na forma sólida) observaram para uma densidade populacional de 250 mil plantas há⁻¹, que o aumento da adubação nitrogenada reduziu o florescimento. Enquanto em sistema fertirrigado os estudos indicam que o aumento da densidade de plantas e das doses de nitrogênio (doses até 200 kg N há⁻¹) concorrem para o aumento linear do florescimento (Menezes Júnior & Kurtz, 2016).

Ao considerar os aspectos mencionados, e que para o cultivar Empasc 352 Bola Precoce é considerado normal florescimento inferior a 1% (Gandin et al., 1986), infere-se que os fatores (densidade de plantas e parcelamento de nutrientes) não influenciaram o florescimento das plantas nas condições experimentais.

CONCLUSÃO

Os resultados apresentados explicitam a necessidade de se interpretar as curvas de calibração de acordo com as condições de cultivo, uma vez que uma análise fora de contexto, simplesmente com base nas curvas de calibração, pode conduzir a indicação suplementar equivocada de nitrogênio.

Assim, a interpretação dos índices de clorofila durante o ciclo de cultivo deve considerar as condições climáticas, a densidade populacional e o

desenvolvimento vegetativo (DSV), não sendo influenciada pelo parcelamento de nutrientes.

Observou-se, ainda, que plantas com menor DSV, devido a déficits hídricos e outras condições climáticas adversas, podem indicar falsamente suficiência ou insuficiência de N e que temperaturas elevadas, baixa umidade relativa do ar e precipitações irregulares aceleram o DSV e a bulbificação, e reduzem a produtividade comercial total.

Por sua vez, sob condições climáticas favoráveis o parcelamento semanal aumenta a produtividade comercial total (9%) e de bulbos da classe 3 e superiores (13%) e que sob condições climáticas menos favoráveis o aumento da densidade de plantas concorre para o aumento da produtividade comercial total e de bulbos menores, da classe 2.

Além disso, o aumento da densidade de plantas reduz o índice de clorofila, e a partir de 500 mil plantas reduz o número de folhas, aumenta bulbos da classe 2 e reduz os bulbos da classe 3 e classes superiores a classe 3.

O parcelamento de nutrientes e a densidade de plantas não influenciam o florescimento.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pelo financiamento do trabalho.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Back, A.J. (2020). **Informações climáticas e hidrológicas dos municípios catarinenses (com programa HidroClimaSC)**. Florianópolis: Epagri, 2020. 157p.

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

Burslem, D.F.R.P.; Pinard, M.A.; Hartley, S.E. (2005) **Biotic Interactions in the Tropics: Their Role in the Maintenance of Species Diversity**. Cambridge University Press, Cambridge. 564p.

- Carvalho, L.M.; Casali, V.W.D.; Souza, M.A.; Cecon, P.R. (2003). Disponibilidade de água no solo e crescimento de artemísia. **Horticultura Brasileira**, 21(4):726-730.
- 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.
- Embrapa. (2002). **Uso Agrícola dos Solos Brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa. 174p.
- Embrapa. (2018). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 356p.
- EPAGRI. (2013). **Sistema de produção para cebola: Santa Catarina**. Epagri. Sistemas de Produção nº46. Florianópolis: Epagri. 106p.
- EPAGRI. (2020). Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Banco de dados de variáveis ambientais de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 20p. (Epagri, Documentos, 310) - ISSN 2674-9521 (On-line).
- Ferreira, L.G.R. (1988). **Fisiologia Vegetal: Relações Hídricas**. Fortaleza: EUFC. 138p.
- Fontes, P.C.R. (2011). **Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose**. Viçosa: O Autor. 296p.
- IBGE. (2018). **Censo Agro 2017: Resultados preliminares**. Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76437
- IBGE. (2020). **Índice Nacional de Preços ao Consumidor – INPC/ Séries históricas**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9258-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor.html?edicao=26615&t=series-historicas>
- Kirkby, E. (2012). **Introduction, definition and classification of nutrients**. In: MARSCHNER, Petra. Mineral nutrition of higher plants. 3ed. New York: Academic Press, p.3-5.
- Kurtz, C.; Ernani, P.R.; Pauletti, V.; Menezes Junior, F.O.G.; Vieira Neto, J. (2013). Produtividade e conservação de cebola afetadas pela adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. **Horticultura Brasileira**, 31(4):559-567.
- Kurtz, C.; Menezes Júnior, F.O.G.; Higashikawa, F.S. (2018). **Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura da cebola**. Florianópolis: Epagri. 104 p. (Boletim Técnico, 184).
- Malavolta, E. (2006). **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres. 638p.
- Manfron, P.A.; Garcia, D.C.; Andriolo, J.L. (1992) Aspectos morfo-fisiológicos da cebola. **Ciência Rural** [online]. 1992, v. 22, n.
- Menezes Júnior, F.O.G. (2016). **Aspectos fitotécnicos**. In: Menezes Júnior, F.O.G. & Marcuzzo, L.L. (eds). Manual de Boas Práticas Agrícolas: Guia para a sustentabilidade das lavouras de cebola do estado de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri. p. 41-48.
- Menezes Júnior, F.O.G.; Goncalves, P.A.S.; Marcuzzo, L.L. (2020). Avaliação de sistemas de produção convencional, racionais integrados e orgânicos na cultura da cebola em cultivo convencional e de plantio direto. **Thema** (Pelotas), (17): 95-113.
- Menezes Júnior, F.O.G.; Gonçalves, P.A.S.; Vieira Neto, J. (2014). Produtividade da cebola em cultivo mínimo no sistema convencional e orgânico com biofertilizantes. **Horticultura Brasileira**, 32(4): 475-481.
- Menezes Júnior, F.O.G.; Kurtz, C. (2016). Produtividade da cebola fertirrigada sob diferentes

doses de nitrogênio e densidades populacionais.

Horticultura Brasileira (On-Line), 34(4):571-579.

Menezes Junior, F.O.G.; Vieira Neto, J. (2012).

Produção da cebola em função da densidade de plantas. **Horticultura Brasileira**, 30(4): 733-739.

Menezes Júnior, 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. 143p.

Oliveira, W.R.; Marouelli, W.A.; Madera, N.R.

(2016). Influência de fatores climáticos na produção da cebola. Associação Nacional dos Produtores de Alho. 2016. **Publicações.** Disponível em: http://anapa.com.br/wpcontent/uploads/2016/12/Influencia_de_fatores_climaticos_na_producao_da_cebola.pdf.

Pinto, J.M.; Yuri, J.E.; Costa, N.D.; Correia, R.C.;

Calgaro, M. (2018). **Produção de cebola com irrigação localizada e fertirrigação: Resultados do projeto Lago de Sobradinho.** Petrolina: Embrapa Semiárido. 26p. (Documentos, 285).

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.