

**Desempenho agronômico e análise multivariada na produção da cebolinha verde em
resposta a lâminas de irrigação e níveis de adubação sintética**

**Agronomic performance and multivariate analysis in green chive production in response
to irrigation depths and synthetic fertilization levels**

**Desempeño agronómico y análisis multivariado en la producción de cebolleta verde en
respuesta a profundidades de riego y niveles de fertilización sintética**

Recebido: 08/12/2020 | Revisado: 16/12/2020 | Aceito: 17/12/2020 | Publicado: 21/12/2020

Márcio Aurélio Lins dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5216-4443>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: mal.santo@arapiraca.ufal.br

Lúcia Jacinta da Silva Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2288-9384>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: luciajacintasilva@hotmail.com

Julianna Catonio da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7217-1429>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: julianna.silva@ceca.ufal.br

Daniella Pereira dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4450-0141>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: daniellapsantos@hotmail.com

Raimundo Rodrigues Gomes Filho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5242-7581>

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

E-mail: rrgomesfilho@hotmail.com

Roseclênia Alves Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1264-3719>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: roseclenia.alves@gmail.com

Resumo

Este trabalho objetivou avaliar o desenvolvimento da cebolinha verde em detrimento a lâmina de irrigação e adubação sintética. O experimento foi conduzido na área experimental do *Campus Arapiraca* da UFAL. O delineamento experimental teve fatorial 5 x 6, em DBC, com quatro blocos, os tratamentos adotados foram cinco lâminas de irrigação e seis níveis de adubação NPK. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, de regressão e multivariada: análise de componentes principais (ACP) e análise hierárquica de Clusters (AHC), utilizando o software estatístico R. Os resultados mostram que lâminas e adubações excessivas limitam o crescimento e produtividade da cultura da cebolinha verde. As melhores interações entre a lâmina e NPK forma nos intervalos entre 100 e 125% da ETc e entre 100 e 150% da adubação recomendada. A ACP mostrou que os níveis de adubação NPK A₃ e A₄ nas lâminas foram as que mais influenciaram nas variáveis relacionadas à cultura da cebolinha verde. As variáveis de maior interesse comercial determinaram a maior parte da variabilidade dos níveis de NPK nas lâminas de irrigação. A AHC indicou a altura de planta com maior dissimilaridade entre as demais variáveis e as variáveis diâmetro e número de bulbos com a maior similaridade. As interações L₄A₆ e L₅A₆ tiveram foram maior similaridade e a L₃A₃ a maior dissimilaridade entre as demais. A interação L₃A₃ apresentou a maior quantidade de variáveis, não havendo resposta de nenhuma variável para interação com a lâmina L₄ e para as adubações A₁ e A₂.

Palavras-chave: Manejo de irrigação; Fertirrigação; *Allium fistulosum* L.

Abstract

This work aimed to evaluate the development of green chive in detriment to the irrigation blade and synthetic fertilization. The experiment was conducted in the experimental area of Arapiraca Campus of UFAL. The experimental design had a 5 x 6 factorial, in DBC, with four blocks, the treatments adopted were five irrigation blades and six levels of NPK fertilization. The data obtained were subjected to analysis of variance, of regression and multivariate: principal component analysis (PCA) and cluster hierarchical analysis (CHA), using the statistical software R. The results show that excessive blades and fertilizers limit the growth and productivity of the green chive crop. The best interactions between blades and the NPK are between the 100% and 125% ETc and 100% and the recommended 150% fertilization intervals. The ACP showed that the levels of fertilization NPK A₃ and A₄ in the blades were the ones that most influenced the variables related to the culture of green chive. The variables of major commercial interest determine the major part of the NPK level

variability in irrigation blades. AHC indicated the height of the plant with greater dissimilarity between the other variables and the variables diameter and number of bulbs with greater similarity. Interactions L₄A₆ and L₅A₆ have the largest similarity and L₃A₃ the largest dissimilarity between the others. The L₃A₃ interaction showed the highest number of variables, with no response of any variable for the interaction with the L₄ blade and for the A₁ and A₂ fertilizers.

Keywords: Irrigation management; Fertirrigation; *Allium fistulosum* L.

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el desarrollo de la cebolleta verde en detrimento de lámina de riego y la fertilización sintética. El experimento se realizó en el área experimental del Campus Arapiraca de la UFAL. El diseño experimental tuvo un factorial 5 x 6, en DBC, con cuatro bloques, los tratamientos adoptados fueron cinco láminas de riego y seis niveles de fertilización NPK. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza, de regresión y multivariante: análisis de componentes principales (ACP) y análisis jerárquico de Clusters (AJC), utilizando el software estadístico R. Los resultados muestran que el exceso de láminas y fertilizantes limitan el crecimiento y la productividad del cultivo de cebolleta verde. Las mejores interacciones entre láminas y el NPK se forman en los intervalos entre el 100 y el 125% de ET_c y entre el 100 y el 150% de la fertilización recomendada. La ACP mostró que los niveles de fertilización NPK A₃ y A₄ en láminas fueron los que más influyeron en las variables relacionadas con el cultivo de cebolleta verde. Las variables de mayor interés comercial determinaron la mayor parte de la variabilidad de los niveles de NPK en láminas de Riego. AHC indicó la altura de la planta con mayor disimilitud entre las otras variables y las variables diámetro y número de bulbos con mayor similitud. Las interacciones L₄A₆ y L₅A₆ tuvieron la mayor similitud y L₃A₃ la mayor disimilitud entre las demás. La interacción L₃A₃ mostró el mayor número de variables, sin respuesta de ninguna variable para la interacción con lámina L₄ y para los fertilizantes A₁ y A₂.

Palabras clave: Manejo de riego; Fertirrigación; *Allium fistulosum* L.

1. Introdução

As hortaliças, de maneira geral, em especial a cebolinha, apresentam grande importância no mercado nacional, visto que são consumidas em todas as regiões do país, pois apresentam alta produtividade e rentabilidade, sem a necessidade de grandes áreas para serem

produzidas (Santos, 2018). Na região Nordeste, *Allium fistulosum*, L tem ganhado novas áreas de cultivo devido a sua facilidade de adaptação, compondo as áreas agrícolas, principalmente de pequenos produtores e regiões de cinturões verdes em grandes cidades. A planta é considerada perene, apresenta folhas tubulares-alongadas, macia e aromáticas, de alto valor condimentar e caracteriza-se pelo intenso perfilhamento formando touceiras (Filgueira, 2008). Bem semelhante a cebola, a não ser pelo não desenvolvimento de bulbos tão suculentos.

As cultivares mais conhecidas são “Todo Ano”, “Futonegui” e “Hossonegui” (Mota, 2013). Com destaque para cultivar “Todo Ano”, uma vez que esta apresentou maior adaptabilidade as condições climáticas de cada região (Filgueira, 2008). Sendo também uma cultura pouco estudada, apesar de ser bastante cultivada no Brasil.

Silva, et al. (2015) afirmam que dentre todas as hortaliças produzidas, a cebolinha verde é uma das que está presente na maioria dos lares brasileiros, com baixo valor econômico, pois é muito utilizada como tempero na culinária brasileira, e, além disso, a OMS incentiva a sua produção e consumo, pois é rica em vitamina A e vitamina C, os quais trazem benefícios à saúde humana.

Silva, et al. (2014A), salientam que a depender da forma como essa água é ofertada a cultura, ela torna-se um elemento prejudicial a mesma. Para a cultura da cebolinha verde, assim como para as demais hortícolas folhosas, o sistema de irrigação mais adequado e eficiente é o gotejamento, uma vez que neste a água não está em contato direto com a parte aérea da planta, o que torna-se significativamente importante para a não ocorrência de doenças (Silva, et al., 2014B).

Ao associar uma irrigação eficiente a uma adubação que venha a suprir as exigências da cultura da *Allium fistulosum*, têm-se elementos primordiais atuantes na produtividade, no estágio de maturidade da planta para a colheita, no tamanho, na qualidade, na capacidade de brotação, no número de perfilhos e na sanidade da planta (Finger & Casalli, 2002).

O uso da fertirrigação no cultivo de hortaliças tem trazido aumentos em produtividade e melhoria das características comerciais e de qualidade dos produtos (Marrocos, 2015). Para Vilas Boas, et al. (2014), a quantidade de fertilizantes na água deve ser suficiente para proporcionar a absorção dos nutrientes nas quantidades requeridas pelas plantas, sem causar o acúmulo de fertilizantes no solo, o que poderia resultar em salinização e, conseqüentemente, na redução da produtividade.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho consistiu em avaliar o desenvolvimento da cultura da cebolinha verde em resposta a lâminas de água e níveis de adubação sintética.

2. Metodologia

O experimento foi conduzido na área experimental do Grupo de Pesquisa e Extensão em Manejo de Água para Irrigação (Grupo IRRIGA) do Campus de Arapiraca da Universidade Federal de Alagoas (UFAL/Arapiraca), que possui as coordenadas geodésicas 9° 45' 58" de latitude sul e 35° 38' 58" de longitude oeste e altitude de 325 m, no período de 27 de março a 25 de abril de 2017.

Região é tida como a faixa de transição entre a Zona da Mata e o Sertão Alagoano, e segundo os critérios de classificação de Köppen (1948), o clima de região é classificado como tipo 'As' tropical, com duas estações climáticas bem definidas, um verão quente e seco com ocorrência de chuvas eventuais (setembro a março) e um inverno úmido e chuvoso (abril a agosto). O solo da área experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico (Embrapa, 2018) e suas características químicas e físicas podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química e física do solo, na profundidade de 0-20 cm, da área experimental do Campus de Arapiraca.

Atributos Químicos							
pH	K ⁺	P	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al
-----mg/dcm ³ ---		-----meq/100mL-----					
6,3	69	56	33	1,6	0,6	0,01	
CTC efetiva		V (%) (Sat. De Bases)			Matéria Orgânica Total (%)		
2,53		55,8			0,93		
Atributos Físicos							
Areia	Silte	Argila	Classificação Textural				
-----g kg ⁻¹ -----							
533	302	166	Franco Arenoso				

Fonte: Santos (2018).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), em um esquema fatorial de 5 x 6 com quatro blocos, totalizando 120 parcelas experimentais, sendo os tratamentos distribuídos aleatoriamente. Os tratamentos adotados foram constituídos de cinco lâminas de água (L₁ = 50; L₂ = 75; L₃ = 100; L₄ = 125 e L₅ = 150% da evapotranspiração de

cultura – ETc), considerando a ETc, expressas em mm dia⁻¹ e seis níveis de Adubação (A₁ = 50; A₂ = 75; A₃ = 100; A₄ = 125; A₅ = 150 e A₆ = 175% da recomendação de adubação – AR).

Considerando a ETc, expressas em mm dia⁻¹, determinada em lisímetros de drenagem instalados na área. Foi adotado o sistema de irrigação localizado por gotejamento, com aplicações diárias. Foram utilizadas três fitas gotejadoras por parcela, nas mesmas os gotejadores eram espaçados a cada 0,20 m totalizando 12 gotejadores por parcela. As lâminas de irrigação utilizadas nas parcelas foram determinadas através do sistema SLIMCAP (Santos, et. al., 2018), no qual determina a ETc (mm) e o CAP (consumo de água pelas culturas, litros) e o TI (tempo de irrigação, horas:minutos) por meio dos dados obtidos de um conjunto de cinco lisímetros de drenagem, com leituras diárias de aplicação de água com base de cálculo na Equação 1.

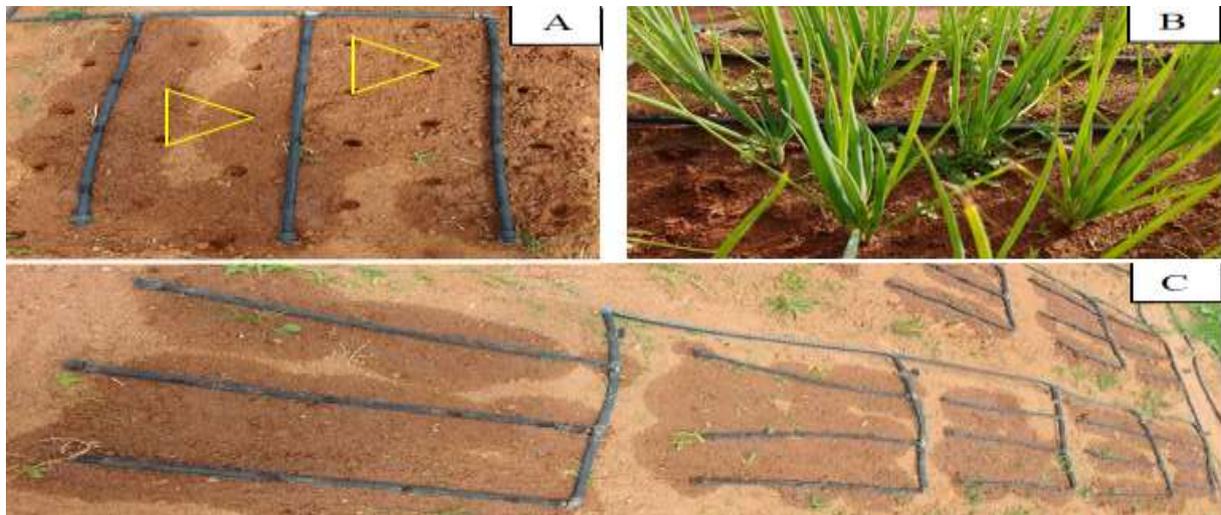
$$ETc = La + P - Ld \quad (1)$$

onde: ETc: evapotranspiração da cultura (mm); La: lâmina de água aplicada no lisímetro (mm); P: precipitação pluviométrica (mm); Ld: lâmina de água drenada no lisímetro (mm).

Para a fertirrigação foram utilizados como fonte de potássio o KCl (62% de K), para o fósforo e parte do nitrogênio o MAP (60% de P e 11% de N) e como complementação ao nitrogênio, utilizou-se ureia (46% de N), a adubação foi de acordo com a recomendação de Cavalcante, et al. (2008). A solução nutritiva era diluída em um reservatório de 500 L, e aplicada diariamente.

Utilizadas mudas de cebolinha verde cultivar “Todo Ano”, adquirida com um viveirista de hortaliças da região, estas com 30 dias após a semeadura (DAS). As mudas foram transplantadas em 24 canteiros de 5,0 x 1,0 metros e 0,20 m de altura. Cada canteiro era composto por 5 parcelas, as mesmas eram representadas por 1,0 m². Em cada parcela continham 27 plantas com espaçamento 0,10 m em arranjo triangular, para um melhor aproveitamento da área (Figura 1).

Figura 1. Demarcação das covas, espaçadas no arranjo triangular (A), detalhes da cultura estabelecida dentro das condições impostas ao cultivo (B) e detalhamento do sistema de irrigação (C).



Fonte: Santos (2018).

Aos 30 dias após o transplante (DAT) foram utilizadas as três plantas centrais de cada parcela para as avaliações. As plantas foram coletadas e levadas para o laboratório para as análises destrutivas. As variáveis analisadas foram: 1) Biométricas: altura de planta (AP), diâmetro de bulbo (DB), número de perfilhos (NP), número de bulbos (NB); 2) Biomassas: biomassa fresca da parte aérea (BFPA), biomassa fresca da raiz (BFR), biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR); 3) Produtivas: produtividade da cebolinha (PROD), produtividade do uso da água da cebolinha (PUAg), produtividade do uso da adubação (PUAd).

As análises biométricas AP e DB foram realizadas utilizando régua (50 cm) e paquímetro digital, respectivamente. Já a mensuração das variáveis de biomassas foram realizadas por meio de aferições com auxílio de uma balança eletrônica com uma variação de 0,01g. As BFPA e BFR foram acomodadas em sacolas de papel devidamente identificadas com seus respectivos blocos e tratamentos, e logo em seguida foram levadas para estufa de circulação de ar forçada a 65°C, até atingir peso constante para assim quantificar a BSPA e MSR.

Já para determinar o PROD foi mensurada a biomassa fresca total (BFT), ou seja, somada a parte aérea com a raiz. Em seguida, calculou-se o produto do peso total das plantas por hectare, Equação 2. A PUAg foi determinada levando em consideração o consumo de água para produzir quilograma por área, Equação 3. Já a PUAd foi calculada por meio do

consumo do adubo NPK para produzir quilograma por área, Equação 4.

$$PROD = BFT \cdot Qp \cdot 10^{-6} \quad (2)$$

$$PUAg = \left(\frac{PROD}{L} \right) \cdot 10^3 \quad (3)$$

$$PUAd = \left(\frac{PROD}{A} \right) \cdot 10^3 \quad (4)$$

onde: PROD: produtividade da cebolinha verde ($t \text{ ha}^{-1}$); BFT: biomassa fresca total (g); Qp: número de plantas por hectare; PUAg: produtividade do uso da água na cebolinha ($\text{kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$); PUAd: produtividade do uso do adubo na cebolinha verde ($\text{kg ha}^{-1} \text{ kg}^{-1}$); L: lâmina de irrigação (mm); A: quantidade de adubo sintético NPK (kg).

O método da pesquisa utilizado foi o quali-quantitativo, por meio de coleta e descrição de dados (Pereira, et al., 2018). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) e quando significativos realizou-se a análise de regressão, gerando suas respectivas superfícies de resposta (gráficos persp.) e à análise de variância multivariada com os métodos de análise de componentes principais (ACP) e análise hierárquica de Clusters (AHC) em dendograma. Todas as análises e seus respectivos gráficos foram realizados utilizando o software estatístico R.

3. Resultados e Discussão

3.1 Resumo da análise de variância (ANAVA)

A ANAVA apresenta significância para todas as variáveis da cultura da cebolinha verde para os dois fatores e suas respectivas interações: 1) Biométricas: altura de planta (AP), diâmetro de bulbo (DB), número de perfilhos (NP), número de bulbos (NB); 2) Biomassas: biomassa fresca da parte aérea (BFPA), biomassa fresca da raiz (BFR), biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR); 3) Produtivas: produtividade da cebolinha (PROD), produtividade do uso da água da cebolinha (PUAg), produtividade do uso da adubação (PUAd). Exceto para interação da variável BSPA (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para a cultura da cebolinha verde, variáveis: altura de planta (AP), diâmetro de bulbo (DB), número de perfilhos (NP), número de bulbos (NB), biomassa fresca da parte aérea (BFPA); biomassa fresca da raiz (BFR), biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR); produtividade da cebolinha (PROD), produtividade do uso da água da cebolinha (PUAg), produtividade do uso da adubação (PUAd).

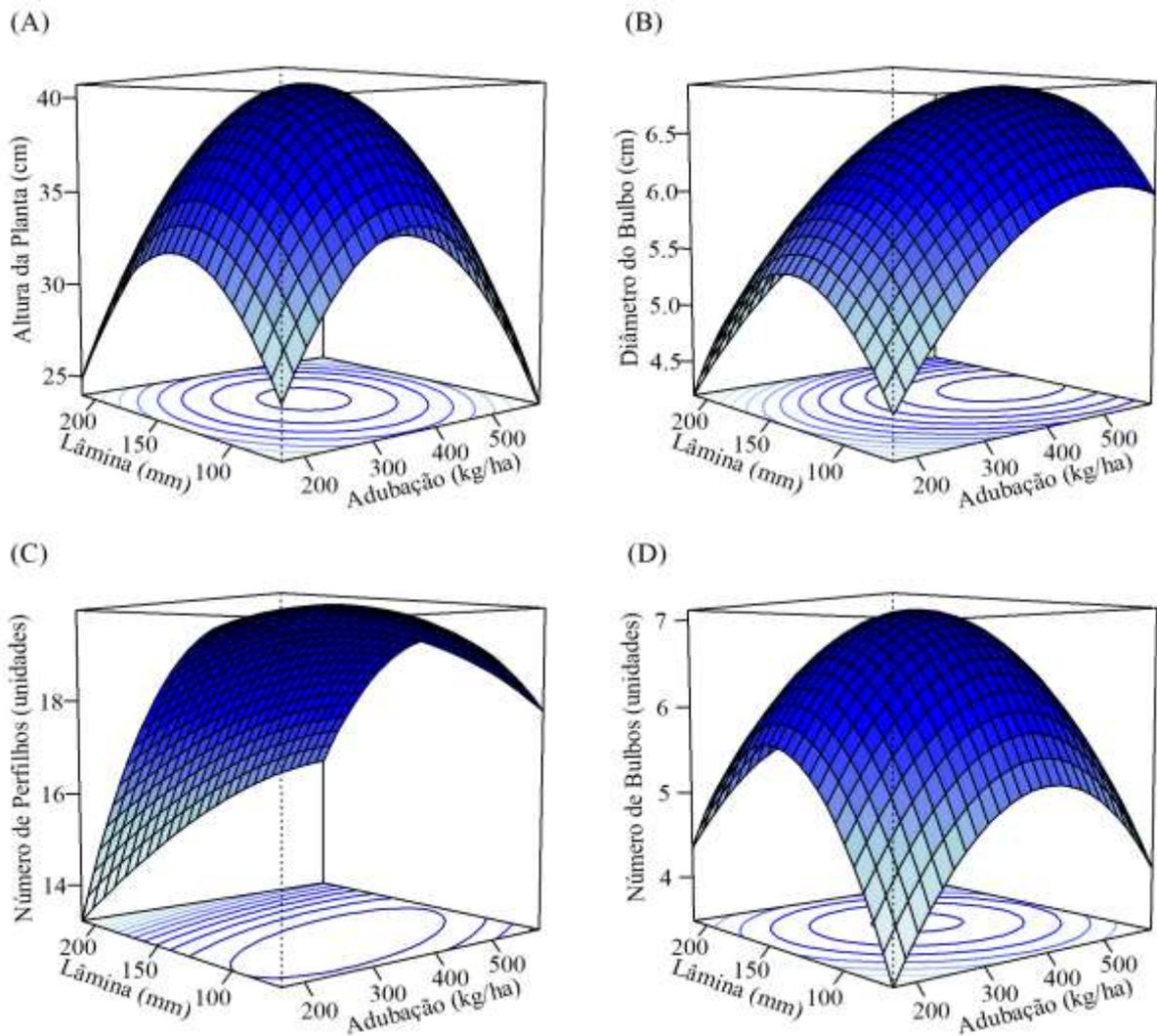
FV	GL	Valores dos Quadrados Médios										
		AP	DB	NP	NB	BFPA	BFR	BSPA	BSR	PRODP	PUAg	PUAd
L	4	258**	8,6***	94***	16***	257**	12,5**	0,62**	0,78**	27,8**	691**	251**
		*				*	*		*	*	*	*
A	5	290**	10***	45***	7,5***	398**	11,1**	2,9***	0,27**	38,1**	236**	848**
		*				*	*		*	*	*	*
LxA	20	20**	0,8**	18***	0,6**	35,4**	2,6***	0,26 ^{ns}	0,08**	2,8***	20,8**	30,6**
						*			*	*	*	*
Bl.	3	22,66	0,79	5,64	2,62	34,93	0,99	0,33	0,016	3,44	18,73	42,39
Res.	87	8,23	0,30	5,33	0,64	7,88	0,65	0,17	0,030	0,56	3,34	6,40
CV (%)		8,59	9,33	12,74	14,22	18,65	18,02	23,03	25,06	14,26	14,22	15,88

FV: Fator de variação, GL: grau de liberdade, L: lâmina de água, A: níveis de adubação, Bl.: blocos, Res.: resíduos, CV: coeficiente de variação. ** e *** significativo pelo teste “F” a 1,0 e 0,1 % de probabilidade, ^{ns} não significativo. Fonte: Autores.

3.2 Variáveis biométricas

Os dados das quatro variáveis biométricas (AP, DB, NP e NB) apresentaram modelo de comportamento quadrático para superfícies de resposta dos fatores lâminas de água e níveis de adubação (NPK). Observado a análise quantitativa das funções de resposta dessas variáveis, podem-se calcular os pontos máximos na ação simultânea dos fatores lâminas de água e níveis de adubação (NPK), indicadas pelas Equações 5, 6, 7 e 8 que em relação a cada fator (derivadas parciais) e observados curvas isoquantas elipses na Figura 2 (Aguiar, 2005; Frizzone, 1993), obtendo seus respectivos valores máximos de: AP = 40,91 cm (143,00 mm e 381,68 kg ha⁻¹); DB = 6,78 cm (132,20 mm e 506,76 kg ha⁻¹); NP = 19,90 unidades planta⁻¹ (111,13 mm e 367,75 kg ha⁻¹); NB = 7,00 unidades planta⁻¹ (127,15 mm e 386,30 kg ha⁻¹).

Figura 2. Superfície de resposta da cultura da cebolinha verde em resposta a lâmina de água e níveis de adubação (NPK) das variáveis biométricas: altura de planta (A), número de perfilhos (B), número de bulbos (C), diâmetro de bulbo (D).



Fonte: Autores.

$$AP = -9,78 + 0,354*L + 0,133*A - 0,001343*L^2 - 0,000189*A^2 + 0,00007886*L*A$$

(5)

$$DB = -0,292 + 0,056*L + 0,0133*A - 0,00021*L^2 - 0,000013*A^2 - 0,00000094*L*A$$

(6)

$$NP = 15,6 + 0,0717*L + 0,00174*A - 0,00045*L^2 - 0,000014*A^2 + 0,000077*L*A$$

(7)

$$NB = - 5,59 + 0,105*L + 0,0262*A - 0,00034*L^2 - 0,000031*A^2 - 0,00001545*L*A$$

(8)

Podendo ser observado que com o aumento do da lâmina de irrigação e nível da adubação, teve uma diminuição ao que se referem as quatro variáveis, tendo em vista que lâminas excessivas podem vir a lixiviar nutrientes do solo antes mesmo que as plantas tenham condições de absorvê-los. Diferente do encontrado por Silva, et al., (2014A) avaliando a cebolinha verde sob lâminas de água e níveis de adubo orgânico, onde as lâminas de 100 e 150% provocaram um aumentou a produção.

Tais informações evidenciam os excessos da água de irrigação e de nutrientes NPK acarretam em decréscimo na translocação e concentração de fotoassimilados na parte aérea e bulbos diminuem o desempenho da cultura da cebolinha verde, ou seja, a maior translocação de fotossimilados para formação da parte aérea e do bulbo está no manejo adequado da água e dos nutrientes NPK. Segundo Vidigal, et al., (2010), uma planta tem sua máxima absorção diária quando está em seu pleno desenvolvimento, tanto da parte aérea quanto da bulbificação. Tendo uma maior translocação de fotoassimilados para a formação do bulbo (Brewster, 1994).

Pedrotti, et al. (2015), avaliando as causas e consequências do processo de salinização dos solos observaram que lâminas excessivas lixiviavam os nutrientes aplicados ao solo, reduzindo a fertilidade do solo e limitando a absorção de fertilizantes pelas plantas, além disso podem vir a contaminar águas subterrâneas e cursos d'água.

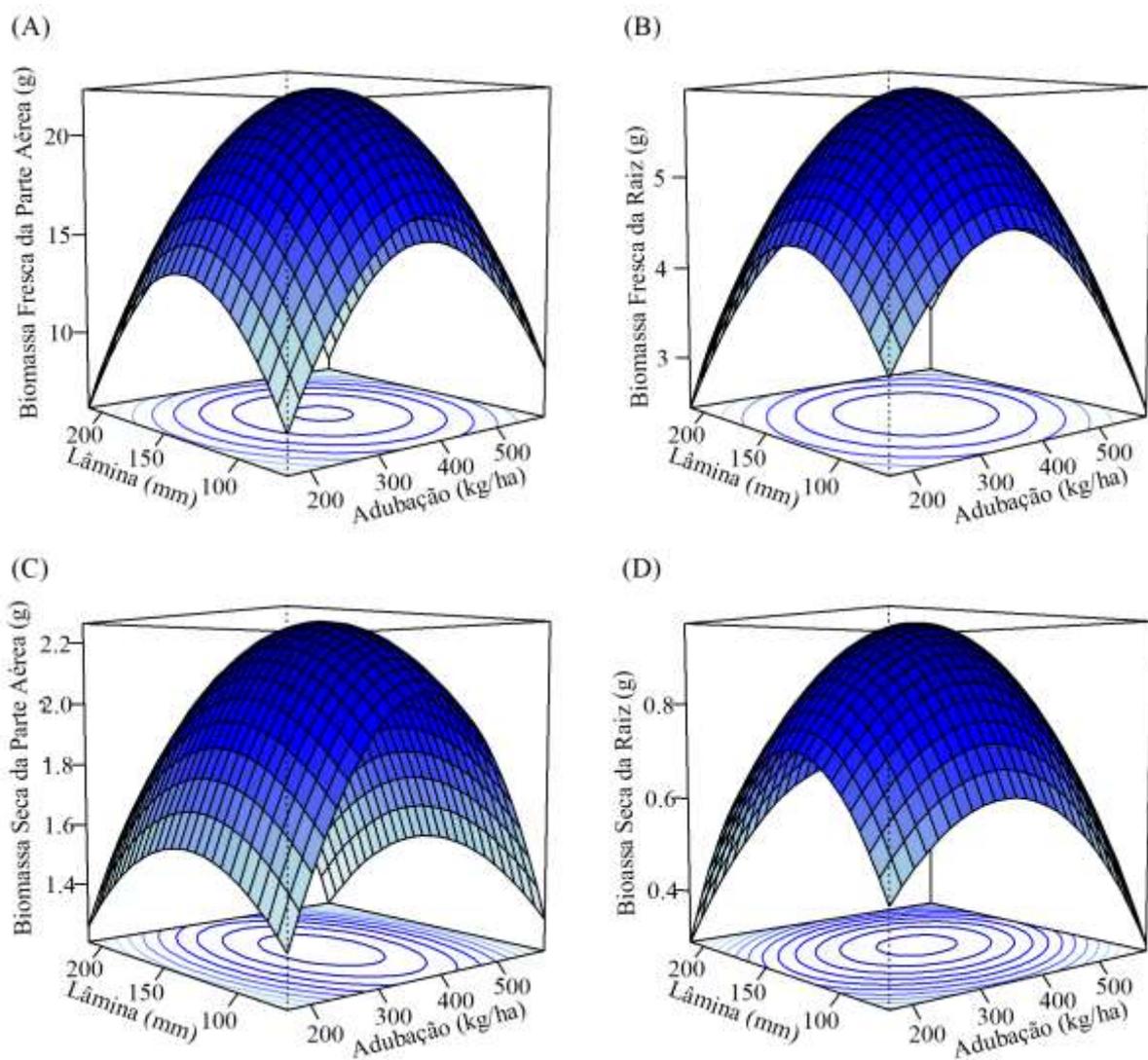
Corroborando com Ritter (2014), onde o mesmo afirma que em situação de deficiência ou algum tipo de estresse as plantas reduzem a produção de proteínas, alterando seu desenvolvimento, retardando ou adiantando seu ciclo. Nessa situação, a depender do estágio de desenvolvimento da planta tem-se a destinação dos fotoassimilados para regiões específicas da mesma.

3.3 Variáveis de biomassas

A análise quantitativa das funções de resposta das biomassas BFPa, BFR, BSPa e BSR foram calculadas por meio derivadas parciais simultâneas relacionando os fatores lâminas e adubação (Aguiar, 2005; Frizzone, 1993), indicadas pelas Equações 9, 10, 11 e 12. Em que demonstra o aumento atingindo um ponto e diminuindo seguidamente, conforme valores das variáveis BFPa = 22,43 g (134,32 mm e 385,10 kg ha⁻¹); BFR = 5,77 g (123,25

mm e $335,16 \text{ kg ha}^{-1}$); MSFP = $2,26 \text{ g}$ ($376,34 \text{ mm}$ e $128,44 \text{ kg ha}^{-1}$) e MSR = $0,99 \text{ g}$ ($136,00 \text{ mm}$ e $393,09 \text{ kg ha}^{-1}$). Analisando o comportamento dessas biomassas, em detrimento aos fatores analisados, verificou-se que tiveram comportamento quadrático, curvas isoquantas tipo elipses, podendo ser determinado o acúmulo máximo das biomassas (Figura 3).

Figura 3. Superfície de resposta da cultura da cebolinha verde em resposta a lâmina de água e níveis de adubação (NPK) das variáveis de biomassas: biomassa fresca da parte aérea (BFPA), biomassa fresca da raiz (BFR), biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR).



Fonte: Autores.

$$\text{BFPA} = -30,2 + 0,367*L + 0,143*A - 0,00134*L^2 - 0,0001855*A^2 - 0,00000094*L*A$$

(9)

$$\text{BFR} = -3,63 + 0,07239*L + 0,0238*A - 0,000294*L^2 - 0,0000362*A^2 + 0,00000266*L*A$$

(10)

$$\text{BSPA} = -0,9758 + 0,01467*L + 0,01196*A - 0,00005449*L^2 - 0,00001589*A^2$$

(11)

$$\text{BSR} = -0,844 + 0,0166*L + 0,0033*A - 0,000067*L^2 - 0,0000054*A^2 + 0,0000066*L*A$$

(12)

A fertirrigação por gotejamento é considerada a forma mais eficiente de aplicação de fertilizantes, uma vez que, leva-se em consideração o ritmo de absorção de água e nutrientes pelas plantas (Goto, et al., 2001). Quando a planta tem acesso a nutrientes e água prontamente disponível na solução do solo para ser absorvido, seu sistema radicular tende a não ser estimulado a desenvolver.

3.4 Variáveis produtivas

As lâminas influenciaram de forma decrescente na produtividade do uso da água na cebolinha com efeito quadrático da adubação, de forma inversa ocorreu com a produtividade do uso adubação NPK, decrescente com adubação e efeito quadrático para lâmina, ou seja, com aplicação de lâmina e adubo NPK superiores a mínima determinada, as plantas diminuem a produtividade no seu respectivo uso. As isoquantas evidenciam as combinações entre as lâminas de irrigação e os níveis de adubação NPK que resultam na mesma produtividade no uso da água para ambos os ambientes (Figura 4). Logo, o excesso de água e de adubo NPK acarreta na diminuição da produtividade da cultura da cebolinha.

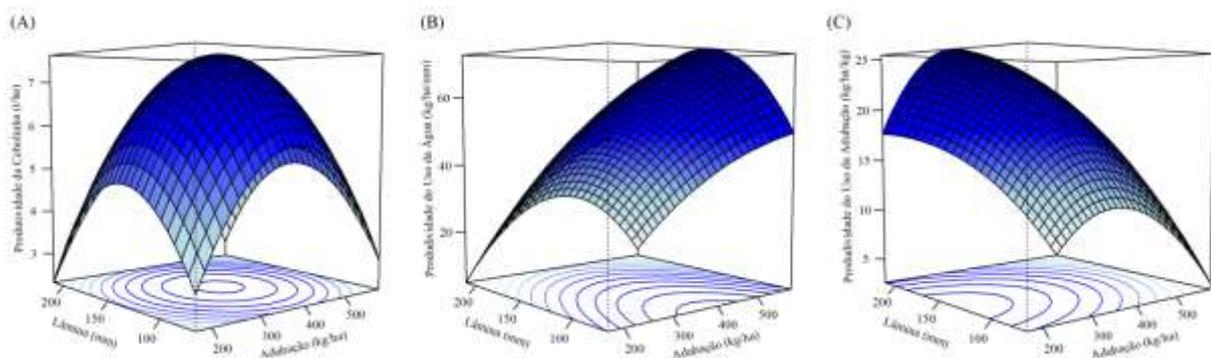
Para a variável produtividade da cebolinha verde (PROD), observou-se que a lâmina de irrigação e níveis de adubação que indica maior produtividade foram semelhantes ao BFPA, de 137,23 mm e de 382,93 kg ha⁻¹, respectivamente, no qual proporcionou uma produtividade de 7,63 t ha⁻¹ (Figura 4A e Equação 13). A combinação de lâminas de irrigação e níveis de adubação NPK que obtêm maior produtividade do uso de água (PUAg) para a cultura da cebolinha verde foi obtida com uso das menores lâminas de 70,63 mm e NPK de

377,34 kg ha⁻¹, valores estes que proporcionaram PUA_g de 72,65 kg ha⁻¹ mm⁻¹, equivalente a 137,65 litros de água para produzir 1 kg de cebolinha verde (Figura 4B e Equação 14). Já para obtêm a maior produtividade do uso de adubação NPK (PUA_d) da cebolinha verde de 25,45 kg ha⁻¹ kg⁻¹(kg de cebolinha verde por hectare para cada kg de adubo NPK) foi necessário 169,0 kg ha⁻¹ de NPK e 133,16 mm de água (Figura 4C e Equação 15).

Com aplicação de lâminas e adubos NPK superiores aos máximos determinados, as plantas diminuem a produtividade do seu uso (da água e do adubo). As isoquantas evidenciam as combinações entre as lâminas de irrigação e os níveis de adubação NPK. Tais combinações mostram que quanto maior a produtividade no uso da água ou do adubo NPK, menor a quantidade de combinações, até o ponto que se obtêm uma única combinação, correspondente ao máximo rendimento físico (Figuras 4B e 4C).

Além dos aspectos produtivos, é fundamental o conhecimento da produtividade de uso da água na agricultura irrigada, pois através dessa é possível determinar qual tratamento proporciona o maior aproveitamento da água pela planta, e também a viabilidade econômica da atividade (Mezzomo, et al., 2020).

Figura 4. Superfície de resposta da cultura da cebolinha verde em resposta a lâmina de água e níveis de adubação (NPK) das variáveis de produtivas: produtividade da cebolinha (PROD), produtividade do uso da água da cebolinha (PUA_g), produtividade do uso da adubação (PUA_d)



Fonte: Autores.

$$\text{PROD} = - 9,14 + 0,1187*L + 0,045*A - 0,000442*L^2 - 0,00006*A^2 + 0,00000693*L*A \quad (13)$$

$$\text{PUA}_g = 6,168 + 0,00149*L + 0,377*A - 0,001174*L^2 - 0,0005*A^2 + 0,0000439*L*A \quad (14)$$

$$\text{PUAd} = 1,39 + 0,347*L + 0,0148*A - 0,001309*L^2 - 0,0000749*A^2 + 0,0000312*L*A$$

(15)

Porém mediante a escolha da melhor lâmina a ser aplicada não se deve levar em consideração apenas a lâmina que proporciona maior produção e melhor produção no uso da água, torna-se necessário analisar outros fatores como: disponibilidade energética, hídrica e também alguns indicadores de produtividade da água, que expressam benefícios derivados do consumo de água pelas culturas e podem ser usados para avaliar o impacto das estratégias de exploração agrícola em condições de escassez de água. Eles fornecem uma visão adequada de onde a água poderia ser economizada (Frizzone, et al., 2014).

De acordo Taiz, et al. (2017), quando ocorre estresse hídrico, a produtividade do uso da água pode aumentar, devido a diminuição na condutância estomática, a qual afeta com maior intensidade a taxa fotossintética do que a taxa transpiratória da folha e quando torna severo, a desidratação de células do mesofilo inibe a fotossíntese, com isso o metabolismo do mesofilo é prejudicado e a produtividade no uso da água. A PUA_g visa o máximo aproveitamento da água utilizada, atingindo o máximo potencial produtivo com a utilização da menor quantidade de água possível.

Mesmo o potássio, nitrogênio e fósforo está entre os nutrientes mais absorvidos pela cultura da cebolinha verde, e participar diretamente no uso eficiente da água, na abertura e fechamento dos estômatos, crescimento, à medida que se aumenta a quantidade no solo, a planta diminui seu aproveitamento, e conseqüentemente, sua eficiência de utilização (Taiz, et al., 2017), podendo ser causado pelas perdas por lixiviação e volatilização (Lorensini, et al., 2012).

3.5 Análise de componentes principais (ACP)

A ACP é um método de análise multivariada que tem por finalidade básica a análise dos dados de forma reduzida, eliminando as sobreposições e escolhendo a forma mais representativa dos dados a partir de combinações lineares das variáveis originais. É realizada com a finalidade de reduzir o número de variáveis para tornar os dados mais fáceis de analisar, escolhendo um número de componentes que explique boa porcentagem da variação dos dados (Silva, 2019).

As análises de componentes principais (ACP) das onze variáveis estudadas da cultura da cebolinha verde mostram o comportamento dos níveis de adubação NPK (A₁, A₂, A₃, A₄,

A₅ e A₆) nas lâminas (L₁, L₂, L₃, L₄ e L₅). Na Tabela 3 se pode observar o uso da análise multivariada de cada lâmina de irrigação que permitiu reduzir o conjunto original de variáveis em dois componentes principais (ACP1 e ACP2). Essas dimensões podem ser explicadas pela soma das duas primeiras proporções de variâncias de L₁= 73,3; L₂= 67,3; L₃= 68,1; L₄= 69,9 e L₅= 61,6%. A importância de um componente principal é avaliada por meio de sua contribuição, isto é, pela proporção de variância total explicada pelo componente (Amorim Neto, 2020).

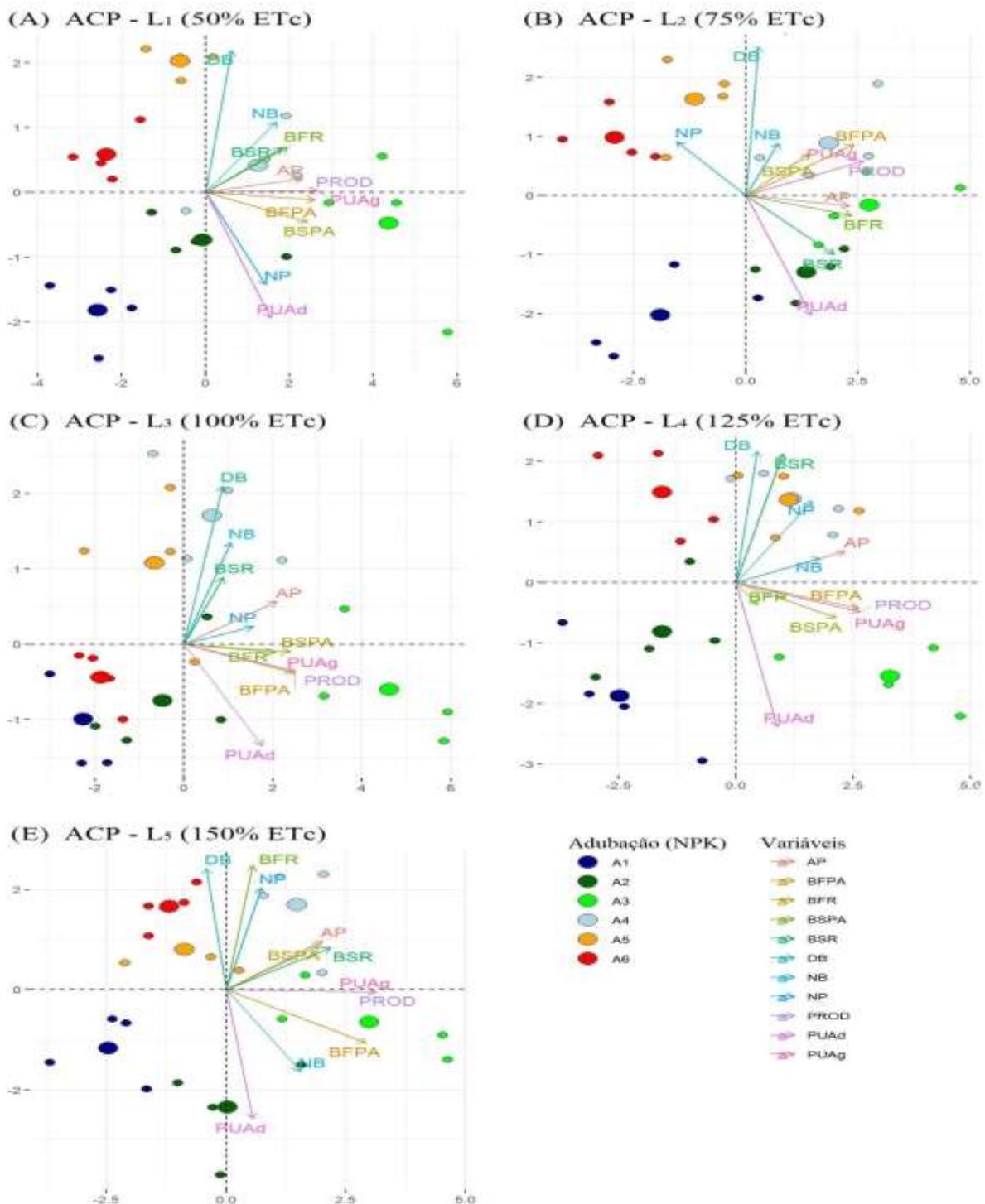
Tabela 3. Valores das duas proporções sucessivas de variações das dimensões para análise de componentes principais (ACP1 e ACP2) para cada lâmina de irrigação.

Proporções de variâncias (%)	Lâminas de Irrigação				
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
ACP1	57,5	49,4	55,2	47,7	37,4
ACP2	18,5	17,9	12,9	22,2	24,2

Fonte: Autores.

Com base na projeção espacial, é possível avaliar a estrutura das variáveis e as cargas fatoriais dos primeiros dois componentes. A Figura 5 mostra as variáveis com ordenação dos vetores de maiores cargas fatoriais positivas no componente 1 (ACP1) são: L₁ (AP, PROD, PUAg, BFPA e BSPA); L₂ (AP, PROD, PUAg e BFR); L₃ (BSPA, BFR, PUAg, AP e NP); L₄ (BFPA, PROD, PUAg, NB, AP e BSPA) e L₅ (PROD, PUAg, BFPA, BSPA, BSR e AP). Observa-se que no componente 1 positivo on níveis A₃ e A₄ de adubação NPK para todas as lâminas, somada a A₅ para L₄.

Figura 5. Representação dos níveis de adubação NPK (A₁, A₂, A₃, A₄ e A₅) nas lâminas de irrigação L₁ (A), L₂ (B), L₃ (C), L₄ (D) e L₅ (E) em projeção espacial da ordenação dos vetores das onze variáveis estudadas da cultura da cebolinha verde.



Fonte: Autores.

Os resultados corroboram com Federer (1993), onde a primeira variável canônica possui a maior variância, sendo definida como aquela de maior importância, uma vez que

retém a maior parte da variação total dos dados. Em outras palavras, as n-variáveis originais geram, através de suas combinações lineares, n-componentes principais, cuja principal característica, além da ortogonalidade, é que são obtidos em ordem decrescente de máxima variância, ou seja, a componente principal 1 detém mais informação estatística que a componente principal 2, que por sua vez tem mais informação estatística que a componente principal 3 e assim por diante (Moita Neto & Moita, 1998).

3.6 Análise hierárquica de Clusters (AHC)

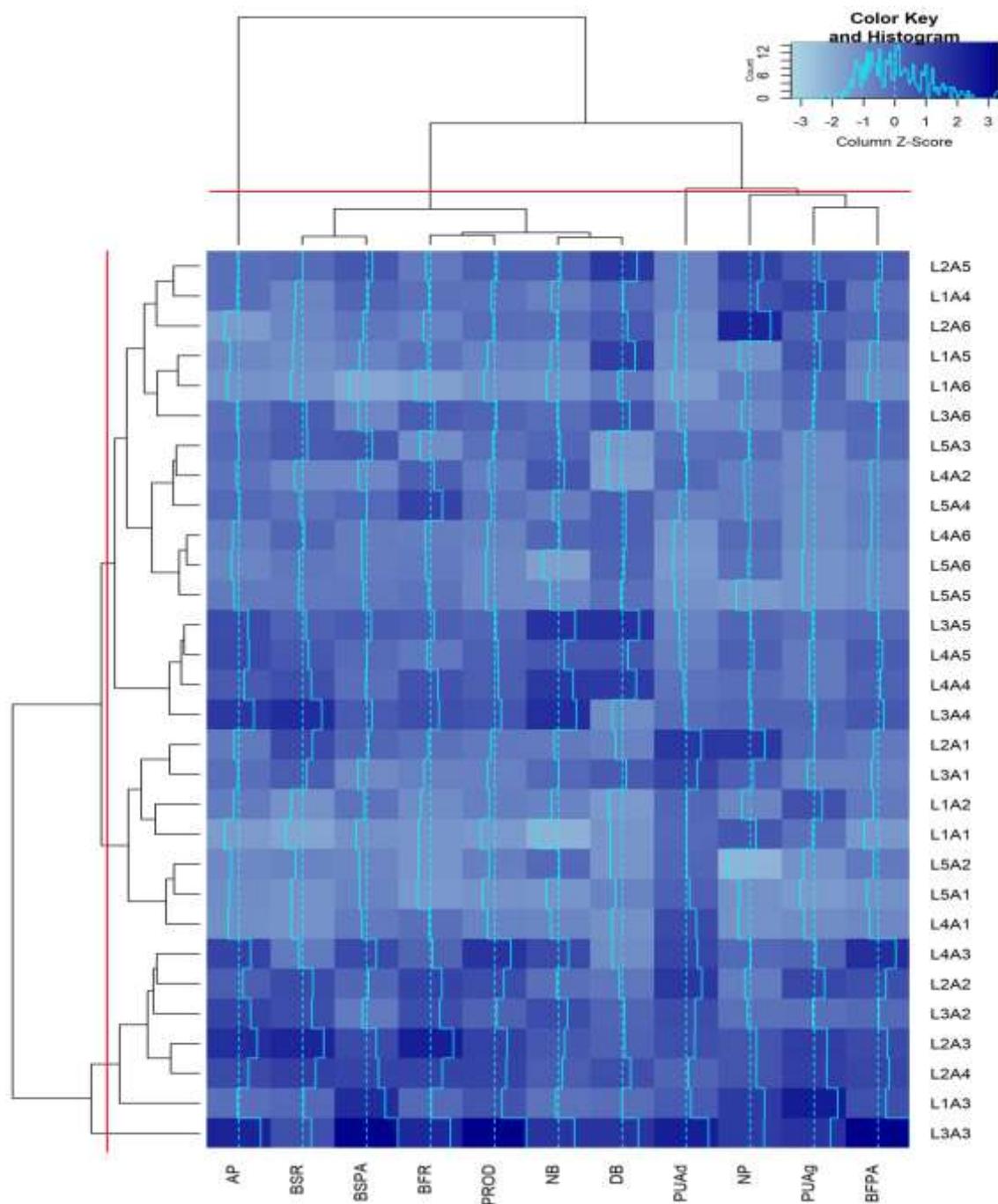
Os resultados mostram a análise hierárquica de Clusters por meio de um agrupamento em propriedade de árvore (dendograma), no qual otimizou a visualização das onze variáveis da cultura da cebolinha verde respondendo a interação dos fatores lâmina de irrigação e níveis de adubação NPK. Na Figura 6 está apresentado a AHC (em dendograma) da interação entre lâmina de irrigação e níveis de adubação NPK ($L_1A_1, \dots, L_1A_6, L_2A_1, \dots, L_2A_6, L_3A_1, \dots, L_3A_6, L_4A_1, \dots, L_4A_6, L_5A_1, \dots, L_5A_6$) baseadas na análise e leitura do conjunto das onze variáveis da cultura da cebolinha verde, respectivamente.

A análise hierárquica de Clusters das variáveis estudadas em resposta a interação dos fatores, lâmina de irrigação e níveis de adubação NPK (L_xA_x), organizando o dendrograma em divisão de quatro grupos, tanto para variáveis quanto para a interação dos fatores, sendo assim distribuídos: 1) variáveis (3, 1, 6 e 1 números de variáveis); 2) interações (16, 7, 6 e 1 números de interações L_xA_x). A maior distância ou dissimilaridade entre as variáveis foi observada para AP (altura de planta) entre as demais variáveis e a menor distância ou similaridade foi entre DB (diâmetro do bulbo) e NB (número de bulbo). Já entre interações foram observadas similaridade para L_4A_6 e L_5A_6 e a dissimilaridade L_3A_3 entre as demais. Com base nestes resultados, pode-se observar que os aglomerados distanciados como primeiro e três aglomerados pode fornecer muita variação para fins de análise das variáveis entre as interações L_xA_x (Figura 6).

Quando a análise é realizada observando simultaneamente os dendrogramas das variáveis e dos fatores, poderá obter seis melhores interações de L_xA_x para variáveis, conforme seguinte: 1) L_3A_3 para AP, BFPA, BSPA, PROD e PUAd; 2) L_3A_4 para BSR e NB; 3) L_2A_3 para BFR e MSR; 4) L_3A_5 para DB; 5) L_2A_6 para NP; 6) L_1A_4 para PUAg. Entretanto, se observar que os resultados mostram que não houve resposta de nenhuma variável a interação entre a lâmina L_4 e quaisquer níveis de adubos NPK, bem como não

houve para as adubações A_1 e A_2 para lâminas de irrigação, o destaque é para lâmina L_3 que teve interação com a adubação A_3 para cinco das onze variáveis (Figura 6).

Figura 6. Resultado da análise de Cluster (dendrograma) das onze variáveis estudadas da cultura cebolinha verde em resposta as interações de lâmina de irrigação e níveis de adubação (L_xA_x)



Fonte: Autores.

A análise de cluster, também conhecida como análise de conglomerados, classificação ou agrupamento, é uma técnica de análise multivariada que tem como propósito agrupar os elementos selecionados em grupos com características similares entre si de maneira que os elementos em grupos diferentes sejam heterogêneos em relação a estas mesmas características (Moita Neto & Moita, 1998). O parâmetro usado neste processo é a medida de distância entre as amostras. Estas distâncias, quando visualizadas através de diagramas conhecidos por dendogramas, indicam as amostras mais semelhantes entre si, ou seja, quanto menor a distância entre os pontos, maior será a semelhança entre as mesmas (Amorim Neto, 2020).

4. Considerações Finais

Lâminas e adubações excessivas demonstraram que limitam o crescimento e produtividade da cultura da cebolinha verde. Os níveis de adubação NPK indicados para aplicação variaram de acordo com a lâmina de água, sendo as melhores interações entre a lâmina e NPK forma nos intervalos entre 100 e 125% da ETc e entre 100 e 150% da adubação recomendada;

A análise de componente principal mostrou que os níveis de adubação NPK A₃ e A₄ nas lâminas foram as que mais influenciaram nas variáveis relacionadas à cultura da cebolinha verde. As variáveis de maior interesse comercial AP, NP, BSPA, BFR e PROD determinaram a maior parte da variabilidade dos níveis de NPK nas lâminas de água.

A análise de Cluster indicou a AP com maior dissimilaridade entre as demais variáveis e as variáveis DB e NB com a maior similaridade. As interações L₄A₆ e L₅A₆ tiveram foram maior similaridade e a L₃A₃ a maior dissimilaridade entre as demais;

A interação L₃A₃ apresentou a maior quantidade de variáveis. Não houve resposta de nenhuma variável para interação com a lâmina L₄ a qualquer nível de adubos NPK, também não houve para as adubações A₁ e A₂ para lâminas.

Como sugestão para futuros trabalhos avaliar o desempenho agrônômico da cebolinha verde correlacionando lâmina de irrigação e salinidade da água.

Referências

Aguiar, J. V. (2005). *A função de produção na agricultura irrigada*. Fortaleza: Imprensa Universitária, 196p.

Amorim Neto, I. C. (2020). Influência de humina enriquecida com cálcio e magnésio e lâminas de água em dois tipos de solo cultivados com alface. *Dissertação de Mestrado em Agricultura e Ambiente*. PPGAA, UFAL, Arapiraca-AL, 82p.

Brewster, J. L. (1994). *Onions and Other Vegetable Alliums*. CAB International, Wallingford, 236.

Cavalcante, F. J. de A. (2008). *Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: segunda aproximação*. 2. ed. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco, IPA, 2008. 212.

Embrapa (2018). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. (5a ed.), Brasília: EMBRAPA-SPI, 356 p.

Filgueira F. A. R. (2008). *Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: UFV. 402.

Finger, F. L., & Casalli, V. W. D. (2002). Colheita, cura e armazenamento da cebola. *Informe Agropecuário*, 23(218), 93-98.

Frizzone, J. A. (1993). *Funções de resposta das culturas à irrigação*. Piracicaba: ESALQ/USP, Série Didática 6, 42.

Frizzone, J. A., Lima, S. C. R. V., & Costa, R. N. T. (2014). Irrigação: da conservação de água e solo à sustentabilidade com vistas à autogestão. Fortaleza: *INOVAGRI*, 129p.

Federer, W. T. (1993). *Statistical design and analysis for intercropping experiments*. New York: Springer-Verlag. 298.

Goto, R., Guimarães, V. F. & Echer, M. M. (2001). Aspectos fisiológicos e nutricionais no crescimento e desenvolvimento de plantas hortícolas. In: Folegatti, M. V., Casarini, E., Blanco, F. F., Brasil, R. P. C. do & Resende, R. S. (Coord.) *Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças*. Guaíba: Agropecuária. 2: 241-268.

Köppen, W. (1948). *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Econômica. México. 479p.

Lorensini, F., Ceretta, C. A., Giroto, E., Cerini, J. B., Lourenzi, C. R., De Conti, L., Trindade, M. M., Melo, G. W. B., & Brunetto, G. (2012). Lixiviação e volatilização de nitrogênio em um Argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. *Ciência Rural*, 42(7), 1173-1179, Santa Maria.

Marrocos, S. T. P. P. (2015). Produtividade e qualidade de cebola fertirrigada em função de doses de potássio e épocas de cultivo. *Tese de Doutorado em Fitotecnia*, Universidade Federal Rural do semiárido, Mossoró-RN, 69p.

Mezzomo, W., Peiter, M. X., Robaina, A. D., Kirchner, J. H., Torres, R. R., & Pimenta, B. D. (2020). Produção forrageira e eficiência de utilização da água do capim sudão submetido a diferentes lâminas de irrigação. *Irriga*, 25(1), 143-159. Botucatu. DOI: 10.15809/irriga.2020v25n1p143-159

Mota, N. F. (2013). Efeito do Bokashi no crescimento da cebolinha, do coentro e em alguns atributos químicos e biológicos do solo. *Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas*, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 66p.

Moita Neto, J. M., Moita, G. C. (1998). Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. *Química nova*, 21(4), 467-469.

Pedrotti, A., Chagas, R. M., Ramos, V. C., Prata, A. P. N., Lucas, A. A. T., Santos P. B., Pereira, A. R., Angelocci, L. R., & Sentelhas, P. C. (2015). Causas e consequências do processo de salinização dos solos. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria*, 19(2), 1308-1324.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M, Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. Santa Maria, RS: UFSM, NTE.

Ritter, V. R. S. (2014). Aminoácidos garante vigor e desenvolvimento. *Revista Campo & Negócios Hortifrúti*. Recuperado de: <https://revistacampoenegocios.com.br/aminoacido-garante-vigor-e-desenvolvimento/>

Santos, M. A. L., Santos, L. A., Lucas, A. A. T., Gomes Filho, R. R., & Santos, D. P. (2020). Desenvolvimento de Pesquisa Científica na Agricultura Irrigada. *Sistema lisimétrico de informações para monitoramento do consumo de água pelas plantas (SLIMCAP)*, Editora Atena, c.7, 58-65. DOI: 10.22533/at.ed.8872028107.

Santos, L. J. da S. (2018). Desenvolvimento da cultura da cebolinha verde em resposta a lâminas de água níveis de adubação química. *Trabalho de Conclusão de Curso de Agronomia*, UFAL, Arapiraca-AL, 47 p.

Silva, A. P. G., Borges, C. D., Miguel, A. C. A., Jacomino, A. P. & Mendonça, C. R. B. (2015). Características físico-químicas de cebolinhas comum e europeia. *Braz. J. Food Technol*, 18(4), 293-298, Campinas.

Silva, C. B. (2019). Desempenho agrônômico da alface irrigada com águas salinas em campo e ambiente protegido. *Dissertação de Mestrado em Agricultura e Ambiente*. PPGAA, UFAL, Arapiraca-AL, 77.

Silva, C. B., Alves, C. F. G., Lúcio, J. C. B., Lima, D. F., Santos, D. P. & Santos, M. A. L. (2014A) Avaliação da Cultura da Cebolinha Verde sob Lâminas de Água e Níveis de Adubo Orgânico no Agreste Alagoano. *II INOVAGRI International Meeting*, Fortaleza-CE. DOI: 10.12702/ii.inovagri.2014-a302

Silva, J. C., Júnior, J. P. F. D. A., Alves, C. F. G., Lúcio, J. C. B., Santos, D. P. & Santos, M. A. L. (2014B). Análise de Desenvolvimento da Cebolinha Verde sob Lâminas de Água e Diferentes Níveis de Esterco Bovino. *II INOVAGRI International Meeting*, Fortaleza-CE. DOI: 10.12702/ii.inovagri.2014-a243.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. (6a ed.), Porto Alegre: Artmed. 888.

Vidical, S. M., Moreira, A. M. & Pereira, P. R. G. (2010). Crescimento e absorção de nutrientes pela planta cebola cultivada no verão por sementeira direta e por transplante de mudas. *Biosci. J., Uberlandia*, 26(1), 59-70.

Vilas Boas, R. C., Carvalho, J. G., Pereira, G. M., Souza, R. J., Gama, G. B. N., Garcia, H. H. & Araujo, R. S. A. (2014). Rendimento da cultura da cebola submetida a níveis de água e nitrogênio por gotejamento. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(2), 633-646, Londrina.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Márcio Aurélio Lins dos Santos – 16,66%

Lúcia Jacinta da Silva Santos – 16,66%

Julianna Catonio da Silva – 16,66%

Daniella Pereira dos Santos – 16,66%

Raimundo Rodrigues Gomes Filho – 16,66%

Roseclênia Alves Santos – 16,66%