

ANÁLISE MULTIVARIADA NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DA ALFACE IRRIGADA EM CAMPO E AMBIENTE PROTEGIDO¹

Cinara Bernardo da Silva², Rayane Stefane da Silva Santos³, Marcilene Bezerra de Sá⁴,
Daniella Pereira dos Santos⁵, Williams Querino Brandão Júnior⁶, Márcio Aurélio Lins dos
Santos⁷

RESUMO: A Alface é muito apreciada pelos brasileiros, devido ao seu sabor e valor nutricional. A água de qualidade é um recurso cada vez mais escasso, sendo assim, a utilização da irrigação manejada de forma eficiente é de grande importância para um melhor desenvolvimento da cultura. Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes lâminas de água sobre o crescimento e rendimento da alface. O experimento foi conduzido em campo e ambiente protegido (casa de vegetação) no Campus de Arapiraca da UFAL. Os tratamentos consistiram em: cinco lâminas de irrigação $L_1= 50$; $L_2= 75$; $L_3= 100$; $L_4= 125$ e $L_5= 150\%$ da ETc. Foram analisadas variáveis biométricas, eficiência do uso da água, matéria fresca e seca das folhas, matéria seca total, teor de água, índice de clorofila e Carotenoides. As análises das variáveis foram processadas com o software estatístico R, gerando análise multivariada: análise de componentes principais, análise de cluster hierárquico e performance, com seus respectivos gráficos. Os resultados mostraram que a análise de componente principal indicou a lâmina de irrigação de 100% da ETc, seguida de 75% da ETc como sendo as melhores lâminas de irrigação para o cultivo da alface. O melhor desempenho das variáveis na correlação das lâminas entre o PCA1 e o PCA2 foram L_3 para campo e L_1 para protegido.

PALAVRAS-CHAVE: *Lactuca sativa* L, irrigação, ACP, análise de Cluster.

MULTIVARIATE ANALYSIS ON AGRONOMIC PERFORMANCE OF IRRIGATED LETTUCE IN FIELD AND PROTECTED ENVIRONMENT

¹ EXTRAÍDO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DA PRIMEIRA AUTORA

² Eng^a Agrôn^a, Mestre em Agricultura e Ambiente, PPGAA, Campus de Arapiraca, UFAL, Arapiraca, AL.

³ Eng^a Agrôn^a, Bacharel em Agronomia, Campus de Arapiraca, UFAL, Arapiraca, AL.

⁴ Eng^a Agrôn^a, Bacharel em Agronomia, Campus de Arapiraca, UFAL, Arapiraca, AL.

⁵ Doutora em Engenharia Agrícola, Depto de Engenharia Agrícola, UFRPE, Arapiraca, AL.

⁶ Estudante, Graduação em Agronomia, Campus de Arapiraca, UFAL, Arapiraca, AL.

⁷ Prof. Doutor, PPGAA, UFAL, Campus de Arapiraca, Caixa Postal 61, CEP: 57.300-970, Arapiraca, AL. Fone: (82) 9.9955-0943, e-mail: mal.santo@arapiraca.ufal.br

ABSTRACT: Lettuce is much appreciated by Brazilians because of its flavor and nutritional value. Quality water is an increasingly scarce resource, so the use of efficiently managed irrigation is of great importance for better crop development. The objective of this study was to evaluate the effect of different water blades on lettuce growth. The experiment was conducted in field and protected environment (greenhouse) in Campus of Arapiraca of the UFAL. The treatments consisted of: five irrigation blades $L_1= 50$; $L_2= 75$; $L_3= 100$; $L_4= 125$ and $L_5= 150\%$ of the ETc. Were analyzed the variables bimetric, water use efficiency, leaf fresh and dry matter, total dry matter, leaf water content, chlorophyll index and carotenoids. The analysis of the variables were processed using the R statistical software, generating multivariate analysis: principal component analysis, dendrogram hierarchical cluster analysis, perform cluster analysis and their respective graphs. The results showed that the principal component analysis indicated the irrigation blade of the 100% ETc, followed by 75% ETc, as being the best irrigation blades for lettuce cultivation. The best performance of the variables in the correlation of blades between PCA1 and PCA2 was L_3 for field and L_1 for protected.

KEYWORDS: *Lactuca sativa* L, irrigation, PCA, cluster analysis.

INTRODUÇÃO

A cultura da alface, conhecida cientificamente como *Lactuca sativa* L. é considerada uma planta com características herbácea, esta possui um ciclo curto com caule diminuto e não ramificado, tais caules são os responsáveis por proporcionar a fixação das folhas, podendo apresentar ou não a rugosidade, isso vai depender da variedade. As folhas podem ou não apresentar entrelaçamentos, que dá origem a uma estrutura conhecida popularmente como “cabeça”. A coloração pode variar de verde amarelado ao verde escuro e algumas podem apresentar as margens arroxeadas. Possui raiz pivotante com estrema ramificação (FILGUEIRA, 2008).

Quando se trata da importância da irrigação existe uma preocupação da crise hídrica, sendo desenvolvido vertentes de pesquisas que buscam analisar as consequências na agricultura e para a população (PUTTI, 2015). Assim, técnicas para a otimização da eficiência da irrigação vêm sendo pesquisadas para reduzir o seu desperdício (LEVIDOW et al., 2014; SNYDER et al., 2015). Existe um fator preocupante com relação à água utilizada na irrigação na região Agreste de Alagoas, por possuí qualidade inferior, a salinidade destas águas pode

afetar de maneira negativa as plantas e o solo da área utilizada para o plantio. Um dos maiores desafios para a agricultura na atualidade é o de desenvolver sistemas agrícolas sustentáveis que possam produzir alimentos e fibras em quantidades e qualidades suficientes, sem afetar os recursos do solo e do ambiente (SOUSA et al, 2014). Sendo assim, a utilização da irrigação requer atenção, pois esse sistema, quando mal manejado, pode promover danos ao solo e as plantas.

A técnica estatística multivariada é uma forma de estatística que engloba observações simultâneas e análise de mais de uma variável estatística, no qual poderá ser esclarecida como os métodos estatísticos multivariados, como a análise de regressão múltipla, análise de componentes (ACP), análise de agrupamento, entre outros, no qual podem ser usados como métodos para explicar as relações entre diferentes variáveis e tomar decisões para trabalhos relacionados à agricultura e à ciência das plantas (SAED-MOUCHESHI et al., 2013).

A principal vantagem da ACP é reduzir o número de dimensões sem muita perda de informações. (EVERITT & DUNN, 1992). Outro processo de agrupamento é análise de Clustering que organiza conjuntos de tipo semelhante ou quase semelhante de objetos físico ou abstrato, ou seja, o processo de agrupamento de dados em classes, em que os objetos dentro do mesmo cluster têm maior grau de semelhança em comparação com o outro, mas são muito diferentes dos objetos em diferentes clusters (HAN & KAMBER, 2000). Os grupos assim formados são conhecidos como clusters. O papel atual revê o uso da análise de cluster como uma ferramenta para melhorar gestão agrícola, prevendo e sugerindo soluções para seus problemas (TIWARI & MISRA, 2011).

Objetivou-se analisar o efeito de diferentes lâminas de água sobre o crescimento e rendimento da alface, buscando reduzir a dimensionalidade de dado multivariado para componentes principais, minimizando as perdas de informações.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em campo e ambiente protegido na área experimental do Campus de Arapiraca da UFAL, com coordenadas geodésicas: 9° 45' 09" S, 36° 39' 40" W e altitude de 325 metros. O clima é classificado como do tipo 'As' tropical com estação seca de Verão, pelo critério de classificação de Köppen (1948). Com uma precipitação de 58 mm durante o período do experimento.

Escolheu-se, em ambos experimentos (campo e protegido), a Alface lisa (*Lactuca sativa* L), por ser a mais produzida na região. As mudas foram adquiridas de produtores de viveiros comerciais. O transplântio foi realizado no dia 09/05/2018, colocando-se uma planta por recipiente (ambiente protegido) e dia 10/05/2018, transplantando um total de 1875 mudas (campo), mas vale salientar que apenas as três centrais de cada parcela foram avaliadas, totalizando 375 plantas, sendo as demais consideradas bordaduras. A adubação foi baseada nas recomendações da 5ª aproximação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais indicado para a cultura da alface.

Os dois tratamentos utilizados foram cinco lâminas de irrigação $L_1= 50$; $L_2= 75$; $L_3= 100$; $L_4= 125$ e $L_5= 150\%$ baseado na Evapotranspiração da cultura (ET_c), determinada utilizando o sistema SLIMCAP (SANTOS, 2017), este sistema faz uso de 5 lisímetros de drenagem instalados na área experimental. O sistema de irrigação foi o localizado por gotejamento para ambos os tratamentos, sendo ambiente protegido com fitas gotejadoras com vazão de 2 L/h, distribuído um gotejador por recipiente. Já em campo foram fitas gotejadores com vazão de 1,8 L/h. Para o controle do tempo de irrigação para os dois experimentos realizou-se o coeficiente de uniformidade. Após isso se obteve um controle do tempo da água aplicada, em seguida foi determinado à vazão do sistema de irrigação e por fim, o cálculo de irrigação utilizando o aplicativo SLIMCAP (SANTOS, 2017).

Foram avaliadas 18 variáveis para ambos os ambientes estudados, sendo cinco biométricas: área foliar (AF), número de folhas (NF), altura de planta (AP), diâmetro da copa (DC), tamanho das raízes (TR); três eficiência do uso da água: na área foliar (EAF), no número de folhas (ENF), no diâmetro do dossel (EDC); dois teor de água: nas folhas (TAF) e na cultura (TAC); matéria fresca das folhas (MFF), matéria seca das folhas (MSF), matéria seca total (MST), índice de clorofila (SPAD), clorofila *a* (*Ca*), clorofila *b* (*Cb*), clorofila *a+b* (*Cab*) e Carotenoides (*Cx*).

As análises das variáveis foram processadas utilizando o software estatístico R, gerando análise multivariada: análise de componentes principais (ACP), análise de cluster hierárquico em dendograma (Cluster Dendrogram), análise da performance do cluster (Perform Clustering) e seus respectivos gráficos. Para análise multivariada ACP, as variáveis foram correlacionadas como PCA1, PCA2 e PCA3. As contribuições das variáveis na contabilização da variabilidade dos três primeiros componentes principais foram em porcentagem, bem como dos seus respectivos três primeiros autovalores. Os gráficos de dispersão do tipo elipsóide (3D) dos três primeiros componentes principais foram baseados na matriz de correlações juntamente com os respectivos autovetores e proporções de variâncias. A observação dos

intervalos de confiança elipsóide, resultando em elipse menor (mais estreita) para pontos menos dispersos, indicando maior intervalo de confiança com menor proporção de variância das variáveis entre as lâminas. Já para análise hierárquica de Clusters foi definida pela comparação visual de dendrogramas. Esses métodos oferecem análise de sensibilidade e replicabilidade para validar seus resultados de agrupamento hierárquico. Foi definido o número do cluster para 5 com base nos resultados da análise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de componentes principais (ACP) das variáveis estudadas no desempenho agrônomo da cultura da alface mostram o comportamento de cada lâmina de irrigação (L₁, L₂, L₃, L₄ e L₅) para ambos os ambientes (campo e protegido). Analisando as Figuras 1 e 2 observaram-se três dimensões para análise de componentes principais (ACP1, ACP2 e ACP3), essas dimensões podem ser explicadas pelos três primeiros autovalores juntos e da soma das três primeiras proporções de variâncias (em percentuais) para ambos ambientes: campo e protegido (Tabela 1).

Tabela 1. Valores dos três primeiros autovalores e das três proporções sucessivas de variações das dimensões para análise de componentes principais (ACP1, ACP2 e ACP3) em ambiente de campo e protegido

Análise de Componente Principal	Autovalores		Proporções de variâncias (%)	
	Campo	Protegido	Campo	Protegido
ACP 1	6,58	6,45	36,54	38,84
ACP 2	3,95	4,30	21,93	23,91
ACP 3	2,72	2,73	15,11	15,15

As análises de componentes principais (ACP) das variáveis estudadas mostram o comportamento de cada lâmina de irrigação (L₁, L₂, L₃, L₄ e L₅) para ambos os ambientes: campo e protegido. Essas dimensões podem ser explicadas pelos três primeiros autovalores juntos de 13,25 e 13,48 e para soma das três primeiras proporções de variância com os percentuais de 73,58 e 77,90% para os ambientes campo e protegido, respectivamente (Tabela 1). Para as 18 variáveis estudadas por meio das análises de componentes principais (ACP1, ACP2 e ACP3) tiveram como melhor opção de irrigação a lâmina L₂ seguida da L₁ para ambos os ambientes (campo e protegido). A lâmina de irrigação não recomendada foi a L₃ para o ambiente de campo e L₄ para o protegido. Observando o comportamento das lâminas de irrigação na variabilidade das variáveis, a L₃ em ambiente protegido teve uma

elipsóide bastante pequena e pontos próximos, indicando maior confiabilidade em sua variabilidade entre as 18 variáveis estudadas. Já as lâminas L₃ e L₅ (campo) e L₄ e L₅ (protegido) tiveram uma elipse maior e pontos dispersos indicando assim menor intervalo de confiança (Figuras 1A, 1B, 2A e 2B).

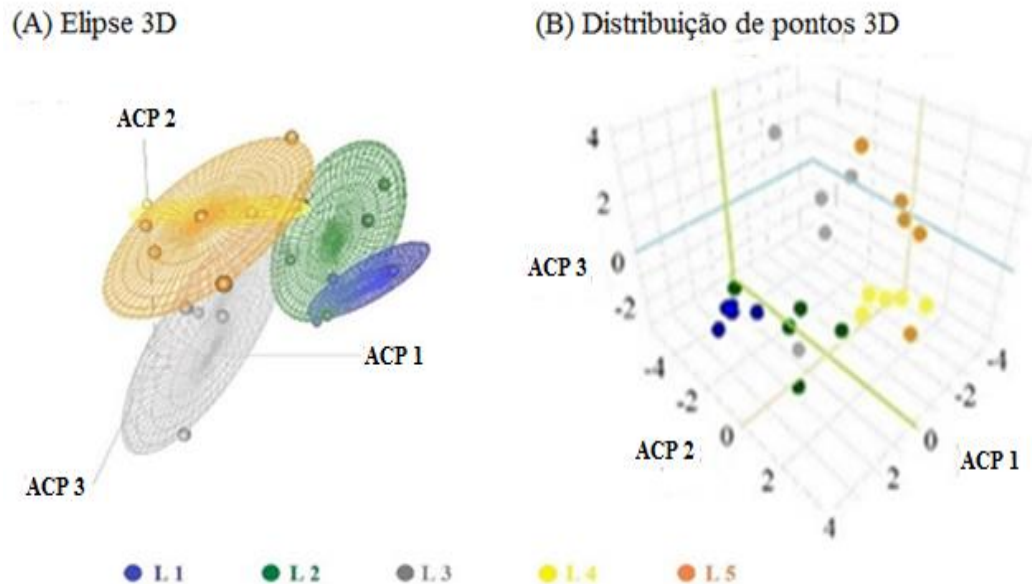


Figura 1. Representação das lâminas de irrigação (L₁ = 50; L₂ = 75; L₃ = 100; L₄ = 125; L₅ = 150 % da ETc) em ACP: elipse 3D (A) e distribuição de pontos 3D (B), cultivado em ambiente de campo.

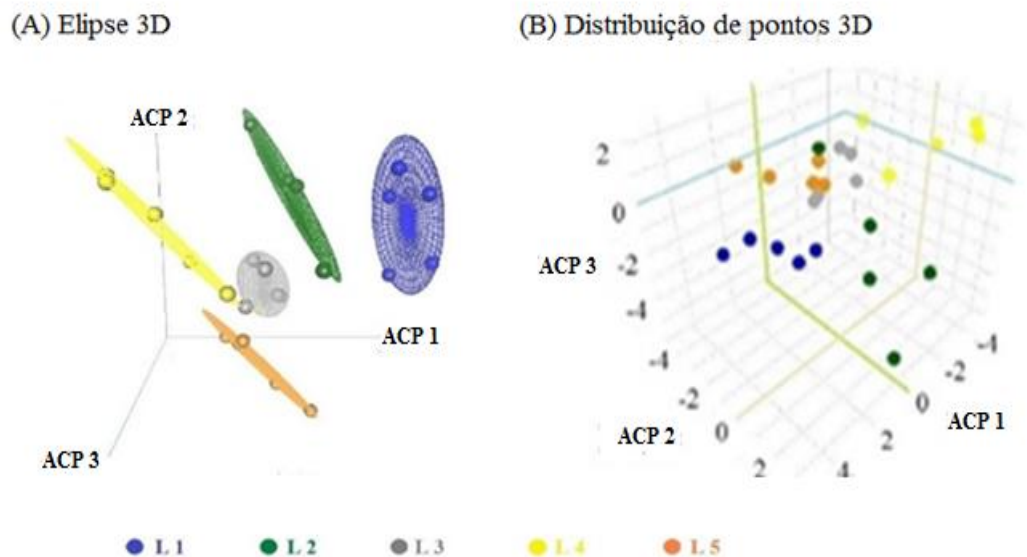


Figura 2. Representação das lâminas de irrigação (L₁ = 50; L₂ = 75; L₃ = 100; L₄ = 125; L₅ = 150 % da ETc) em ACP: elipse 3D (A) e distribuição de pontos 3D (B), cultivado em ambiente protegido.

As maiores variações das lâminas podem ser explicadas por meio do controle do ambiente no qual minimiza as interferências de fatores externos. Analisando todas as variáveis o cultivo em ambiente protegido teve menor variação, no qual poderá ser explicado

devido o consumo de água em ambiente controlado, interferindo diretamente no desempenho das 18 variáveis.

As análises hierárquicas de clusters mostram o agrupamento das 18 variáveis estudadas (AF, NF, AP, DC, TR, EAF, ENF, EDC, MFF, MSF, MST, TAF, TAC, SPAD, *Ca*, *Cb*, *Cab* e *Cx*) na produtividade da cultura da alface em resposta as lâminas de irrigação para ambos os ambientes (campo e protegido). Analisando as Figuras 3 e 4 observa-se por meio do dendrograma e a performance em 5 clusters (em duas dimensões), onde mostra a classificação da análise hierárquica de clusters (AHC) das lâminas de irrigação (L₁, L₂, L₃, L₄ e L₅) para o conjunto das 18 variáveis para os ambientes de campo e protegido.

O agrupamento em propriedade de árvore (dendrograma) otimizou a visualização das variáveis, bem como o agrupamento nos 5 clusters plotados em relação aos dois primeiros componentes principais dos dados, indicando o cluster para cada variável a qual pertence, com primeiras dimensões de 90,4 e 97,1% e segundas 4,9% e 2,2% para os ambientes campo e protegido, respectivamente.

O agrupamento das lâminas de irrigação nas 18 variáveis estudadas por meio das análises de cluster, teve maior agrupamento em ambiente de campo nas variáveis AF, ENF, CA, CB, CAB, CX e ENF e a menor foi a MFC (cluster unitário). Já para o protegido o foram AP, NF, TR, EAF e SAPD (maior cluster) e MFC e MST (menor cluster). As variáveis MFC, TR e EAF foram as melhores em ambiente de campo (Figura 3A e 3B) e EAF, DC e MSF no protegido (Figura 4A e 4B).

Embora tenha tido diferenças nas análises de componentes principais nas lâminas de irrigação, a análise hierárquica de cluster (dendrograma e performance cluster) demonstrou que entre as 18 variáveis estudadas da cultura da alface, a matéria fresca comercial (MFC) e o diâmetro da copa (DC) foram as variáveis que tiveram destaque entre as demais, ou seja, a análise hierárquica de cluster afirma que as variáveis MFC e DC são de maior importância comercial entre as demais variáveis, podendo ser indicada para desenvolvimento de futuras pesquisas com cultivo da cultura da alface.

Os menores coeficientes da largura média da silhueta teve melhor desempenho das lâminas em ambiente protegido. Na análise de agrupamento de cluster (Figuras 3 e 4) a maior dissimilaridade observada em campo. Já em ambiente protegido (cultivo controlado, sob drenagem de água) pôde ser observado o inverso.

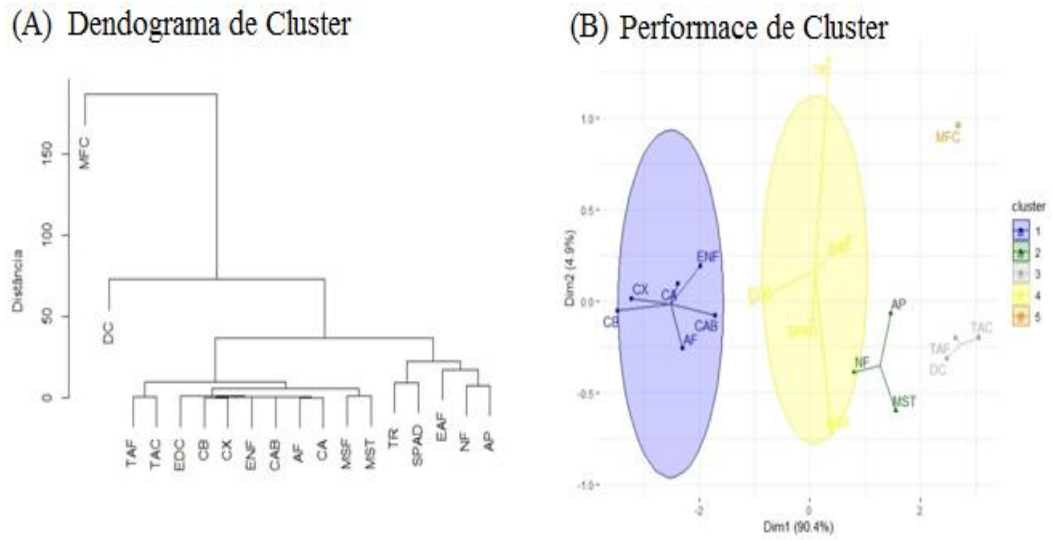


Figura 3. Dendrograma hierárquicas de Cluster (A) e performance de 5 Cluster (B) nas duas primeiras dimensões das 18 variáveis estudadas, em ambiente de campo.

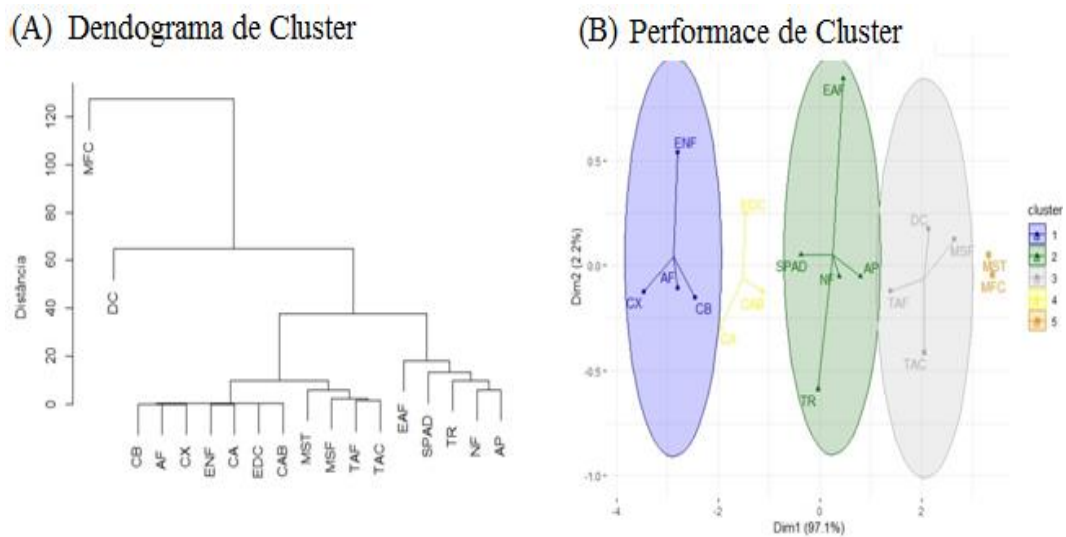


Figura 4. Dendrograma hierárquicas de Cluster (A) e performance de 5 Cluster (B) nas duas primeiras dimensões das 18 variáveis estudadas, em ambiente protegido.

Para os dois ambiente (Figuras 3 e 4), o dendrograma mostra que a média apresentaram melhores resultados para maioria das variáveis biométricas, como também para variáveis de produtividade as lâminas de irrigação maiores ou iguais a de 100% da ETC, isso ocorreu devido a sensibilidade da cultura da alface ao estresse hídrico. Devido à fisiologia vegetal de que a cultura alface obtém maior concentração do índice de clorofila em menor quantidade de água na planta, explicando assim as melhores lâminas de irrigação menor igual que 100% da ETC.

CONCLUSÕES

A análise de componente principal mostrou que as lâminas de irrigação com 100% da ETc, seguida da 75% da ETc, são as melhores lâminas de irrigação para o cultivo da alface. A análise hierárquica de cluster mostrou que as variáveis, matéria fresca comercial e o diâmetro da copa, são de maior importância entre as demais variáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FILGUEIRA, F.A.R. 2008. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV. 402p.

HAN, J., KAMBER, M.: Data Mining: Concepts and Techniques (The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems). Morgan Kaufmann, 2000.

LEVIDOW, L.; ZACCARIA, D.; MAIA, R.; VIVAS, E.; TODOROVIC, M.; SCARDIGNO, A. Improving water-efficient irrigation: Prospects and difficulties of innovate practices. *Agricultural Water Management*, v. 146, p. 84-94, 2014.

KÖPPEN, W. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de cultura economica, México, 1948. 478p.

PUTTI, F. F. Análise dos indicadores biométricos e nutricionais da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) irrigada com água tratada magneticamente utilizando modelagem fuzzy. Botucatu, 205p. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade estadual Paulista, 2015.

SAED-MOUCHESHI, A.; FASIHFAR, E.; HASHEMINASAB, H.; RAHMANI, A.; AHMADI, A. A Review on Applied Multivariate Statistical Techniques in Agriculture and Plant Science. *International journal of Agronomy and Plant Production*. v. 4, n. 1, p. 127-141, 2013.

SANTOS, L. A. Sistema lisimétrico de informações para monitoramento do consumo de água pelas plantas (SLIMCAP). 37 f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso). Campus de Arapiraca, Universidade Federal de Alagoas, Arapiraca, 2018.

SNYDER, R. L.; PEDRAS, C.; MONTAZAR, A.; HENRY, J. M.; ACKLEY, D. Advances in ET-based landscape irrigation management. *Agricultural Water Management*, n. 147, p. 187-197, 2015.

Cinara Bernardo da Silva et al.

SOUSA, T. P. Produção de alface em função de diferentes concentrações e tipos de biofertilizantes. Revista Verde. Pombal, PB, v. 9, n. 4, p. 168 - 172, 2014.

TIWARI, M.; MISRA, B. Application of Cluster Analysis in Agriculture: A Review Article. International Journal of Computer Applications. v. 36, n. 4, p. 43-47, 2011.