

Variação espaço-temporal da temperatura do substrato em bandejas de produção de mudas

Sávio Duarte Lopes Cavalcanti¹, Nicolý Farias Gomes¹, Héilton Pandorfi¹, Gledson Luiz Pontes Almeida¹, Abelardo Antônio de Assunção Montenegro¹

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Campus Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil. E-mail: savio.cavalcanti@hotmail.com, nicoly_farias@hotmail.com, hpandorf@hotmail.com, gledson81@hotmail.com, abelardo.montenegro@gmail.com

Recebido: 25/04/2018; Aceito: 13/12/2018.

RESUMO

A temperatura do substrato nas bandejas é um fator variável no tempo e no espaço, que assume relevante importância nos processos físicos e nas trocas de energia com a atmosfera. Esta grandeza física interfere na germinação, crescimento radicular, absorção de água e nutrientes. Dessa forma, o conhecimento da dinâmica da temperatura do substrato é fundamental para a agricultura. Para tanto, essa pesquisa foi conduzida com o objetivo de verificar a variação espaço-temporal da temperatura do substrato em bandejas de produção de mudas. Foram utilizadas bandejas de polipropileno convencional (preta) e polipropileno pintada de branco. O registro da temperatura do substrato foi realizado em 48 células de cada bandeja, consecutivamente, às 8, 10, 12, 14 e 16 horas. Os dados foram analisados por meio da estatística descritiva e aplicadas técnicas de geoestatística para verificação da distribuição espacial da temperatura nas amostras. A amplitude da temperatura do substrato na bandeja preta foi maior, o que evidencia maior desuniformidade de temperatura entre as células e possível heterogeneidade na qualidade das mudas.

Palavras-chave: geoestatística, PVC, polipropileno injetado, polipropileno.

Temporal space variation of the substrate temperature in seedling production trays

ABSTRACT

The substrate temperature in the trays is a factor variable in time and space, which takes relevant importance in physical processes and the exchange of energy with the atmosphere. This physical quantity interferes in germination, root growth, absorption of water and nutrients. In this way, the knowledge of the dynamics of the temperature of the substrate is essential for agriculture. For both, this survey was conducted in order to verify the variation of substrate temperature timeline in seedling trays. Conventional polypropylene trays were used (black) and polypropylene painted white. The record of the substrate temperature was performed in 48 cells in each tray, consecutively, at 8, 10, 12, 14 and 16 hours. Data were analyzed through descriptive statistics and applied geostatistic techniques for verification of the spatial distribution of temperature in the samples. The amplitude of the substrate temperature on black tray was higher, what evidence greater temperature not uniform between cells and possible heterogeneity in the quality of the seedlings.

Keywords: geostatistics, PVC, injected polypropylene, polypropylene.

1. Introdução

A primeira prática agrícola a ser observada em qualquer sistema de cultivo é a formação de mudas, sendo fundamental, nesta etapa, a escolha do recipiente e do substrato apropriados, com características físico-químicas que favoreçam o pleno desenvolvimento das raízes, temperatura adequada, retenção de água, boa aeração, alta disponibilidade de nutrientes, ausência de fitopatógenos, baixo custo e longa durabilidade (Silva e Queiroz, 2014).

Produção de mudas de alta qualidade está associada a estande homogêneo, visto que a presença da variabilidade em níveis significativos poderá induzir um efeito direto no ciclo e na produtividade das culturas. A uniformidade de temperatura entre as células pode ser afetada pelo volume de substrato, proximidade das linhas de cultivo com as laterais do ambiente protegido, irrigação e posição em relação ao sol; essas são as principais fontes de variabilidade de temperatura entre as células de uma bandeja de produção de mudas (Lúcio et al., 2006; Zanardo et al., 2010).

O registro da temperatura do substrato em bandejas de produção de mudas não é uma atividade rotineira; em geral, a indisponibilidade de dados deve-se ao fato de não se considerar o fator térmico como limitante na produção agrícola. Todavia, a temperatura do substrato é uma das propriedades que influenciam diretamente uma série de processos relacionados às plantas. Além disso, a temperatura do substrato governa a evaporação e o arejamento, bem como o tipo e a taxa das reações químicas que ali ocorrem (Cometti, 2013; Diniz et al., 2014; Nascimento et al., 2016).

A magnitude da temperatura do substrato está em constante alteração, condicionada pelos elementos meteorológicos, sendo a diferença de temperatura do ar e do substrato a desencadeadora dos processos sensíveis de transferência de energia por condução, convecção e radiação (Carneiro et al., 2013).

A escolha do recipiente deve atender aos itens que envolvam custo, material, tamanho, forma, facilidade de manuseio e peso (Minami, 2010). O tamanho do recipiente e o tipo do substrato são os primeiros aspectos a serem investigados, com ênfase na produção de mudas de alta qualidade. O primeiro fator afeta diretamente o volume disponível para o desenvolvimento das raízes e, o segundo, influência o estado nutricional das plântulas, além de também alterar a arquitetura do sistema radicular (Menegazzo et al., 2013).

O sistema de produção de mudas em bandejas proporciona melhor eficiência na fase de emergência da plântula, fazendo com que, muitas vezes, cada semente origine uma planta, além de proporcionar alto índice de pegamento no posterior transplante (Minami, 2010). Tessarioli Neto (2010) cita também como vantagens desse método a economia de substrato, melhor

utilização da área de viveiro, maior precocidade, menor possibilidade de contaminação fitopatogênica, maior relação percentual entre sementes plantadas e mudas obtidas, maior facilidade na execução de tratamentos culturais, e diminuição no ciclo da cultura no campo.

Com os atributos inerentes a esse sistema de cultivo, há a necessidade de se caracterizar as fontes de variabilidade que mais influenciam a temperatura do substrato e planejar, assim, a produção de mudas de forma a mantê-las mais homogêneas para obtenção de plântulas mais uniformes. O uso de bandejas de poliestireno expandido na produção de mudas de olerícolas tem sido amplamente empregado, todavia, observa-se a preferência de alguns produtores pela utilização de bandejas de polipropileno (preta), por apresentarem melhor custo-benefício. No entanto, em algumas regiões do país, o emprego dessas bandejas tem resultado em mudas de baixa qualidade, devido à alta susceptibilidade de algumas culturas à elevada temperatura do substrato, o que pode, em casos extremos, diminuir ou impedir a emergência e/ou ocasionar morte das plântulas.

O conhecimento das condições adequadas para a emergência das sementes de uma espécie é de fundamental importância, principalmente pelas respostas diferenciadas diante de diversos fatores, como a água, a luz, a temperatura, o oxigênio e a ocorrência de agentes patogênicos (Carvalho e Nakagawa, 2013).

Não obstante, existem poucos estudos que avaliam a influência da cor do recipiente de cultivo na temperatura do substrato, principalmente no tocante às propriedades térmicas dos materiais. Diante disso, objetivou-se com essa pesquisa verificar a variação espaço-temporal da temperatura do substrato em bandejas de produção de mudas.

2. Material e Métodos

A pesquisa foi realizada na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, Zona da Mata do Estado de Pernambuco, Brasil (latitude 8° 04' 03" S, longitude 34° 55' 00" O e altitude média de 4 m). O clima da região é Am, tropical úmido com precipitações de inverno e verão seco, segundo classificação de Köppen (Alvares et al., 2013).

O experimento foi realizado sob ambiente protegido tipo arco, com área total de 147,0 m², largura de 7,0 m, comprimento de 21,0 m, pé-direito de 3,0 m e altura total de 4,5 m, orientado no sentido Leste-Oeste, coberto por filme de polietileno de baixa densidade, com 150 µm de espessura e aditivo anti-uv. Os fechamentos transversais e longitudinais contaram com tela de sombreamento preta (30%).

Para o monitoramento micrometeorológico do ambiente protegido, foi utilizada uma plataforma

automática de registro de dados equipada com sensores, que permitiram registros contínuos da temperatura do ar (Tar, °C), da umidade relativa do ar (UR, %) e da radiação solar global (Rg, MJ m² dia⁻¹), instalados no centro geométrico da instalação, a 1,5 m do solo. Para o registro dos dados no ambiente externo, também foi utilizada uma estação automática para o registro das mesmas variáveis, monitoradas no interior do ambiente protegido. Os dados foram registrados em intervalos de 15 min.

Foram utilizadas bandejas de cultivo de polipropileno convencional, de cor preta, apresentando 200 células com capacidade de 18 cm³ célula⁻¹, formato trapezoidal com guia para o sistema radicular, comprimento de 664 mm, largura de 335 mm e altura de 43 mm, com medidas superiores de 31x31 mm e inferiores de 12x12 mm, sendo a espessura das paredes da bandeja de 2 mm; e bandeja de cultivo (branca), que apresenta as mesmas características da bandeja preta. As bandejas foram preenchidas com areia de rio seca e, posteriormente, pintadas com tinta óleo branca, para que as superfícies internas das células de cultivo não fossem alteradas (Carvalho et al., 2013).

Para determinação da variabilidade térmica do substrato das bandejas, foram utilizados três termômetros digitais de espeto da Incoterm®, precisão ±0,1 °C, resolução de 0,1 °C, para o registro da temperatura à profundidade de 20 mm, em 48 células de cada bandeja, às 8, 10, 12, 14 e 16 h (Figura 1). A variabilidade da temperatura do substrato foi caracterizada com base na estatística descritiva com os valores de temperaturas médias, máximas e mínimas, coeficiente de variação, amplitude, desvio padrão, moda e mediana.

Os dados foram analisados de acordo com a variação das medidas estatísticas de posição e de variabilidade, em que se considerou coeficiente de variação (CV) baixo (CV ≤ 12%), médio (12 < CV ≤ 60%) e alto (CV > 60%), segundo classificação de Warrick e Nielsen (1980).

Na análise descritiva, também foi avaliada a distribuição dos dados em relação à distribuição normal, pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. A aderência à distribuição normal indica que as medidas de tendência central não são influenciadas por valores atípicos que possam contribuir para a existência de tendência nos dados.

Para a análise geoestatística, utilizou-se a ferramenta GEO-EAS. A dependência espacial foi avaliada pelo semivariograma clássico, construído a partir da estimativa das semivariâncias, dada pela Eq.1 (Yamamoto e Landim, 2015).

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^n [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2 \quad (1)$$

em que: $\gamma(h)$ é o valor estimado da semivariância dos dados experimentais, $Z(x_i + h)$ e $Z(x_i)$ são os valores observados da variável regionalizada e $N(h)$ o número de pares de valores medidos, separados por uma distância h . Os ajustes dos dados foram testados para os modelos teóricos exponencial, gaussiano e esférico, o que possibilitou definir o efeito pepita (C_0), o alcance da dependência espacial (A) e o patamar ($C_0 + C_1$). Na elaboração dos mapas de distribuição espacial das variáveis, foi utilizado o programa Surfer 6.01 (Golden Software, 1995), com base nos valores estimados por krigagem realizada com o programa GS+.

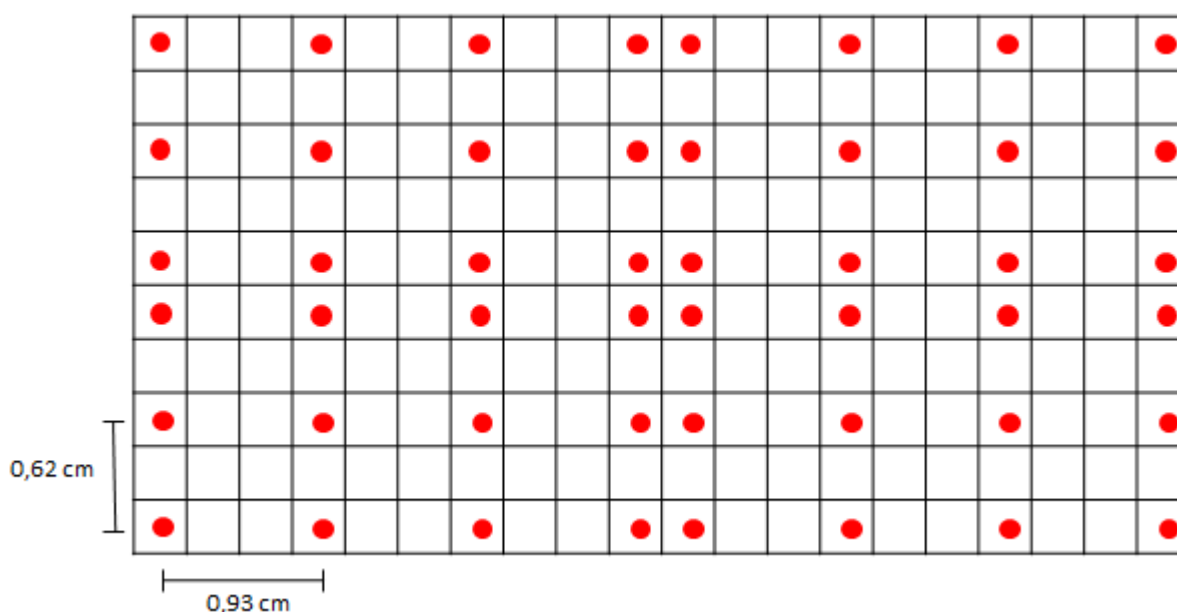


Figura 1. Representação esquemática das 48 células que compuseram a malha amostral.

O grau de dependência espacial foi determinado com base na classificação proposta por Cambardella et al. (1994), em que se utilizou a relação entre o efeito pepita e o patamar do semivariograma ajustado, para classificar a dependência espacial em forte (< 25%), moderada (25-75%) ou fraca (>75%).

3. Resultados e Discussão

No período experimental, verificou-se que a temperatura média do ar no ambiente protegido foi de 27,2 °C, a máxima de 39,5 °C e a mínima de 21,9 °C. A temperatura do ar (Tar) no ambiente protegido foi maior que no ambiente externo, já que o balanço de energia no interior do ambiente protegido é menor que no ambiente externo, e a cobertura atua como uma barreira física, retendo energia no ambiente. Este fenômeno é decorrente da interação da radiação solar com o filme plástico que atenua a radiação incidente; no entanto, a cobertura e os fechamentos laterais contribuem para a retenção da massa de ar quente, dificultando as trocas por convecção (Guiselini et al., 2013).

A relação funcional entre a Tar interna e externa ao ambiente protegido resultou em um coeficiente de determinação elevado ($R^2 > 0,83$), o que indica boa associação linear entre as variáveis pesquisadas. Nota-se, pelo coeficiente angular da equação, que o valor da temperatura no ambiente protegido foi 7,5% superior ao ambiente externo (Figura 2).

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da temperatura do substrato nas bandejas estudadas. Observa-se que a diferença entre os valores médios, máximos e mínimos é baixa e, segundo Little e Hills (1978), quando o valor da média, da mediana e da moda

é semelhante, os dados apresentam ou se aproximam da distribuição normal. A média é cerca de 2% maior que a mediana, indicando que os valores se encontram distribuídos simetricamente em torno da média e da mediana. De acordo com o teste de Kolmogorov-Smirnov, os dados evidenciam simetria, o que caracteriza distribuição normal.

A bandeja preta apresentou os maiores valores de temperatura do substrato para todos os horários estudados. Os valores mais elevados foram registrados às 12h, horário coincidente com a maior disponibilidade de radiação solar. Nota-se, ainda, baixa amplitude ocasionada pela reduzida dispersão dos valores com relação à média. Este fato pode ser confirmado pelo coeficiente de variação, classificado como de baixa variabilidade ($CV \leq 12\%$), que, de acordo com Warrick e Nielsen (1980), é indicador da existência de homogeneidade.

A mediana da temperatura do substrato na bandeja preta apresentou pequena assimetria e ausência de pontos discrepantes, portanto, dentro dos limites críticos. A maior variabilidade de temperatura foi observada às 12h, com efeito significativo para todos os horários observados (Tabela 1). De acordo com Oliveira et al. (2014), a temperatura é um importante fator na germinação, exercendo forte influência na velocidade e uniformidade de emergência da plântula. Assim, a bandeja preta apresentou temperatura de substrato que pode comprometer a produção de mudas, visto que sua variabilidade afeta os processos químicos e conseqüentemente o desenvolvimento da muda, comprometendo a sua qualidade e o estande final em campo.

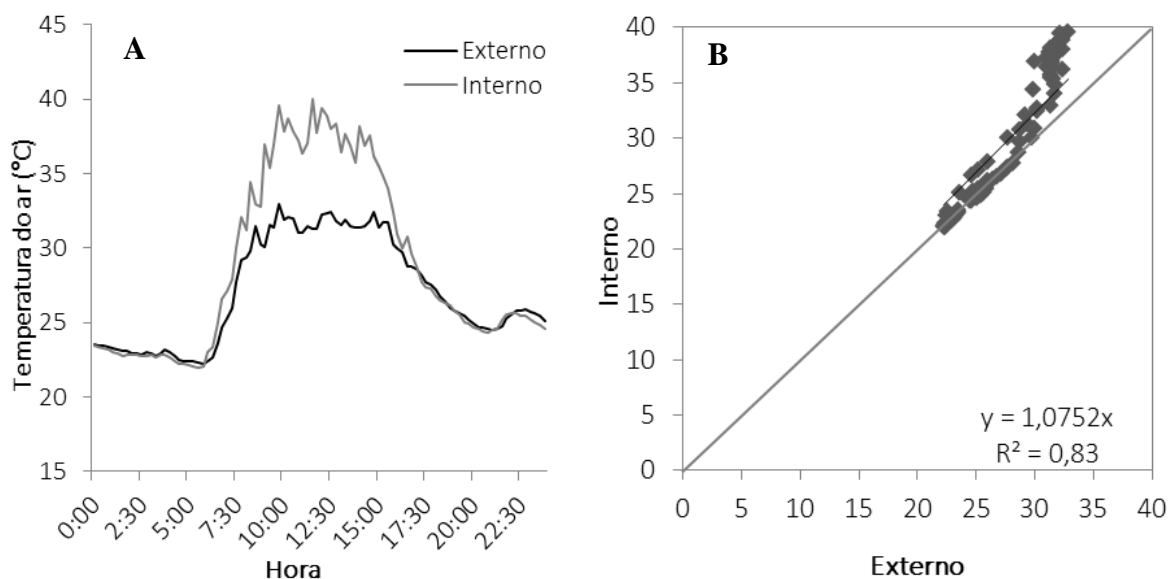


Figura 2. Variação média horária da temperatura do ar (A) e relação funcional entre temperatura média diária no interior do ambiente protegido e no ambiente externo (B).

Tabela 1. Estatística descritiva da temperatura do substrato nas bandejas analisadas.

	PRETA					BRANCA				
	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h
Média	29,10	32,60	34,60	34,40	32,60	26,40	31,00	32,60	34,10	32,40
Máximo	31,70	38,40	40,50	37,80	34,00	27,50	34,00	36,40	38,90	32,80
Mínimo	27,70	30,30	32,00	33,00	30,60	25,90	28,80	30,70	32,40	29,70
Mediana	28,65	31,80	33,60	34,20	32,70	26,45	30,90	32,15	34,00	31,80
Amplitude	1,14	1,26	1,26	1,11	1,08	1,06	1,18	1,14	1,20	1,10
CV%	3,56	6,54	7,05	5,23	2,52	1,53	3,71	4,91	3,35	2,50

C.V.= Coeficiente de Variação.

Tabela 2. Parâmetros dos modelos ajustados aos semivariogramas, grau de variabilidade espacial (A), coeficiente de determinação (r^2) e soma de quadrados de resíduo (SQR) para a variação de temperatura do substrato nos horários de avaliação.

Preta							
Horário	Modelo	C_0	C_0+C_1	$C_0/(C_0+C_1)$	A (m)	r^2	SQR
8 h	Esférico	0,001	1,766	0,999	61,38	0,997	1,986E-03
10 h	Gaussiano	0,01	3,372	0,997	21,63	0,983	0,170
12 h	Gaussiano	0,01	4,235	0,998	21,21	0,985	0,278
14 h	Gaussiano	0,001	1,734	0,999	22,32	0,985	0,0486
16 h	Esférico	0,001	0,519	0,998	45,31	0,995	2,307E-04
Branca							
Horário	Modelo	C_0	C_0+C_1	$C_0/(C_0+C_1)$	A (m)	r^2	SQR
8 h	Gaussiano	0,0001	0,1292	0,999	15,9002	0,912	4,663E-04
10 h	Esférico	0,009	1,1550	0,992	40,2400	0,998	1,006E-03
12 h	Gaussiano	0,001	1,6620	0,999	26,3965	0,987	0,0173
14 h	Gaussiano	0,022	1,5320	0,986	33,2207	0,995	3,407E-03
16 h	Gaussiano	0,181	2,3650	0,923	77,7171	0,996	1,017E-03

A variação da temperatura do substrato na bandeja branca foi menor, evidenciado pelo coeficiente de variação (Tabela 1). Na cadeia produtiva de hortaliças há atenção especial para formação ou obtenção de mudas de alta qualidade, pois estas são as responsáveis pelo bom desenvolvimento da cultura, pela produção e qualidade do produto final (Gonçalves et al., 2015). Frente a isso e aos custos envolvidos no processo de produção, faz-se necessária a análise dos vários aspectos envolvidos para o sucesso dessa prática.

Os resultados da análise geoestatística mostraram que a temperatura do substrato sofreu maior variação nas bandejas pretas em comparação às bandejas brancas. Os semivariogramas se ajustaram ao modelo Gaussiano (Tabela 2). Estes modelos são considerados transitivos (Isaaks e Srivastava, 1989), pois possuem patamar, ou seja, a partir de um determinado valor da distância entre amostras, não existe mais dependência espacial (a variância da diferença entre pares de amostras torna-se invariante com a distância).

O efeito pepita reflete a variabilidade não explicada em função da distância da amostragem utilizada, como variações locais, erros de análise, erros de amostragem e outros. Como é impossível quantificar a contribuição individual desses erros, o efeito pepita pode ser expresso como porcentagem do patamar, facilitando assim a comparação do grau de dependência espacial

das variáveis em estudo (Trangmar et al., 1985). Portanto, a relação $C_0/(C_0+C_1)$ mostrou que as temperaturas do substrato apresentaram dependência espacial com grau de baixa dependência (Tabela 2), pois apresentaram os valores acima de 75% (Cambardella et al., 1994).

Com relação ao alcance da dependência espacial, observa-se que os valores das temperaturas foram menores nos horários de maior incidência de radiação solar, às 10, 12 e 14h, ou seja, nesse intervalo de tempo a variação de temperatura é maior. Já nos horários de menor radiação, às 8 e 16h, o alcance foi maior, indicando que a área de estudo estava mais homogênea, sem apresentar grande variação entre os pontos medidos.

Nas Figuras 4 e 5 são apresentados os mapas de temperatura do substrato nas bandejas estudadas. A distribuição dos valores nas bandejas indica tendência de concentração dos maiores valores em locais específicos, nas bordas da bandeja. Isso fica evidenciado principalmente nos horários mais quentes do dia. As maiores temperaturas ocorreram na lateral inferior direita, em decorrência da posição das bandejas no ambiente protegido, com relação à posição do sol, as quais obtiveram maior incidência de radiação. A bandeja de cor branca seria mais indicada para o cultivo de mudas, por apresentar menor variação de temperatura

do substrato, ou seja, maior uniformidade de distribuição da temperatura (Figuras 4 e 5).

Comparando-se esses mapas, observa-se que a temperatura do substrato na bandeja branca apresentou menor variação de temperatura durante o período

observado. Identifica-se ainda, faixas localizadas na região superior direita com maior temperatura, mesmo nos horários de temperatura amena do ar. A variação da temperatura ao longo da área nos horários observados foi de aproximadamente 2°C.

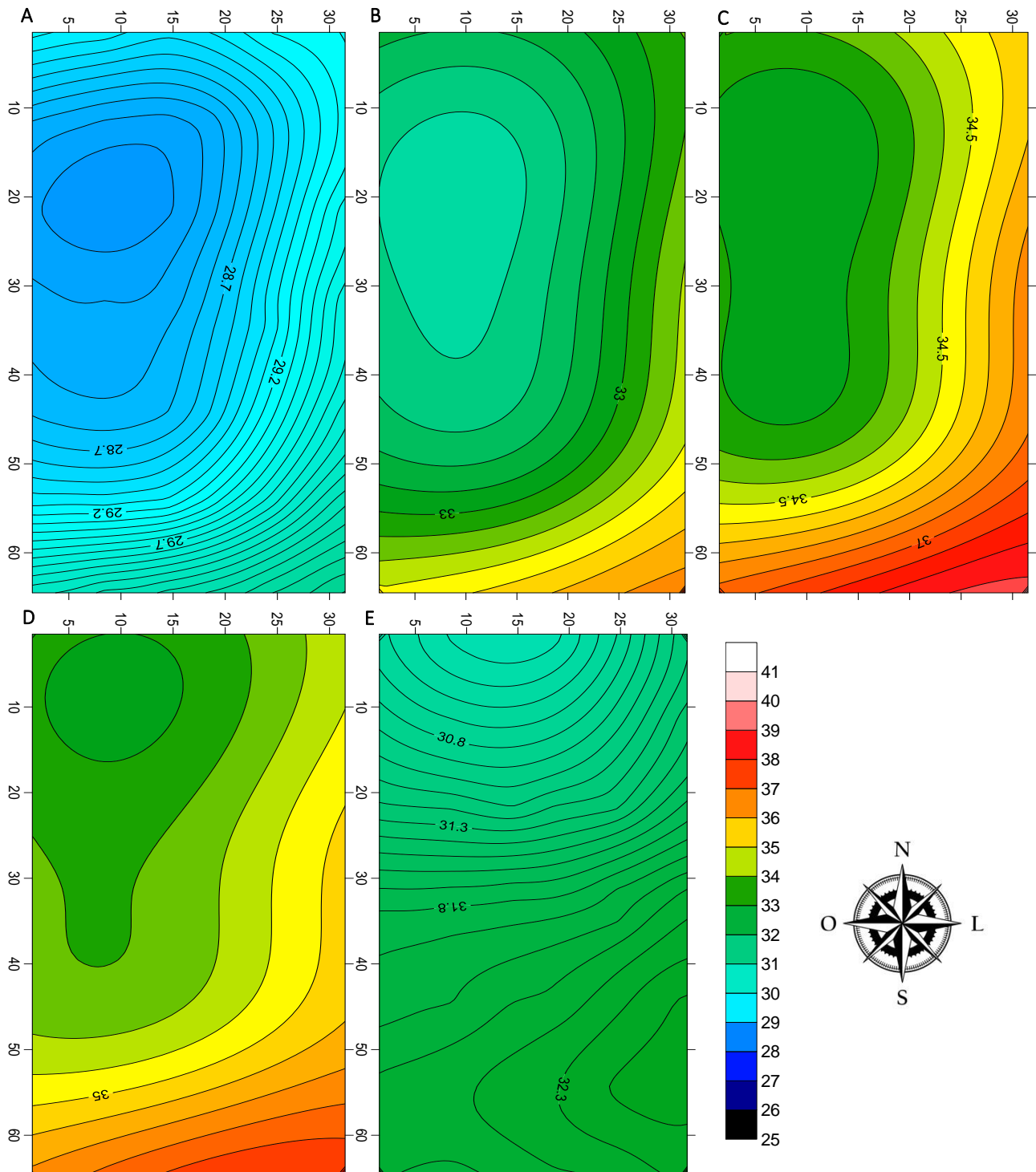


Figura 4. Mapas de krigagem da temperatura (°C) do substrato às 8 (A), 10 (B), 12 (C), 14 (D) e 16h (E) na bandeja preta.

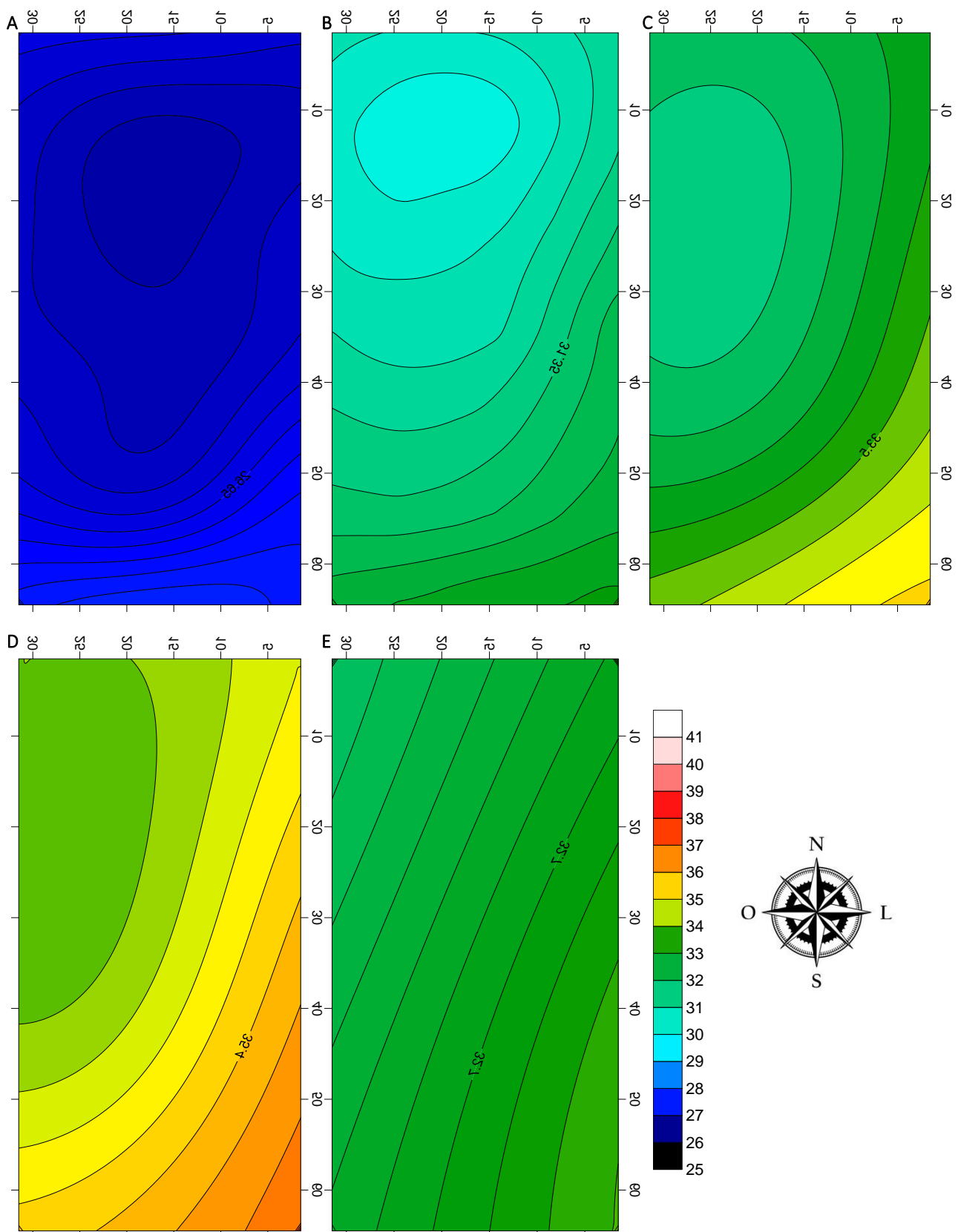


Figura 5. Mapas de krigagem da temperatura (°C) do substrato às 8 (A), 10 (B), 12 (C), 14 (D) e 16h (E) na bandeja branca.

4. Conclusões

A amplitude da temperatura do substrato na bandeja preta foi maior, o que evidência maior desuniformidade de temperatura entre as células e possível heterogeneidade na qualidade das mudas produzidas.

Referências Bibliográficas

Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., De Moraes, G., Leonardo, J., Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22, 711-728.

- Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Turco, R.F., Konopka, A.E., 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society America Journal*, 58, 1501-1511.
- Carneiro, R.G., Moura, M.A.L., Da Fonseca Lyra, R.F., De Andrade, A.M.D., Dos Santos, A.B., Maia, R.G.X., 2013. Fluxo de Calor do Solo e Saldo de Radiação Dentro de uma Área de Mata Atlântica em Comparação com uma Área de Cana-de-Açúcar. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 6, 555-565.
- Carvalho, N.M., Nakagawa, J., 2013. Sementes: ciência, tecnologia e produção, 5 ed. Funep, Jaboticabal.
- Carvalho, C., Kist, B.B., Poll, H., 2013. Anuário Brasileiro de Hortaliças, 1 ed. Editora Gazeta Santa Cruz, Santa Cruz do Sul.
- Cometti, A.G., 2013. Misprogramming prevention in solid-state memory. U.S. Patent Application n. 14/099,816.
- Diniz, J.M.T., Dantas, R.T., Fideles, F.J., 2014. Spatial-temporal variability of temperature and soil thermal diffusivity from Lagoa Seca-PB. *Revista Ambiente & Água*, 9, 722-736.
- Gonçalves, E.P., França, P.R.C.D., Viana, J.S., Alves, E.U., Guedes, R.S., Lima, C.R.D., 2015. Substrate moisture and temperature in germination of parkia platycephala benth seeds. *Ciência Florestal*, 25, 563-569.
- Golden Software., 1995. Surfer for Windows: Surface mapping system, Versão 6.01. Golden.
- Guiselini, C., Pandorfí, H., Barros, A.C., Silva, L.F.D., Da Silva Neto, S.P., 2013. Acclimatization of sugarcane seedlings in a greenhouse under two types of shading screens. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17, 877-882.
- Isaaks, E.H., Srivastava, R.M., 1989. Applied geostatistics, 1 ed. Oxford University Press, New York.
- Little, T. M., Hills, F. J., 1978. Agricultural experimentation, 1 ed. John Wiley & Sons, New York.
- Lúcio, A.D.C., Lorentz, L.H., Boligon, A.A., Lopes, S.J., Storck, L., Carpes, R.H., 2006. Variação temporal da produção de pimentão influenciada pela posição e características morfológicas das plantas em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, 24, 31-35.
- Menegazzo, M.L., Kulczynski, S.M., Oliveira, A.C., Da Silva, E.A., 2013. Produção de mudas de pinha em diferentes recipientes utilizando métodos de superação de dormência em sementes. *Agrarian*, 6, 121-129.
- Minami, K., 2010. Produção de Mudas de Alta Qualidade, 1 ed. Fealq, Piracicaba.
- Nascimento, W.M., Andrade, K.P., Freitas, R.A., Silva, G.O., Boiteux, L.S., 2016. Germinação de sementes de tomateiro em diferentes temperaturas: Variabilidade fenotípica e heterose. *Horticultura Brasileira*, 34, 216-222.
- Oliveira, G.M., Barbosa, L.G., Matias, J.R., Silva, J.E., Ribeiro, R.C., Dantas, B.F., 2014. Germinação de sementes de espécies arbóreas nativas da caatinga em diferentes temperaturas. *Scientia Plena*, 10, 1-5.
- Silva, E.C.D., Queiroz, R.L., 2014. Formação de mudas de alface em bandejas preenchidas com diferentes substratos. *Bioscience Journal*, 30, 725-729.
- Tessarioli Neto, J., 2010. Recipientes, embalagens e acondicionamentos de mudas de hortaliças, in: Minami, K., (Ed.), Produção de mudas de alta qualidade em horticultura. Fealq, Piracicaba, pp. 59-64.
- Trangmar, B.B., Yost, R.S., Uehara, G., 1985. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances in Agronomy*, 38, 45-93.
- Warrick, A.W., Nielsen, D.R., 1980. Spatial variability of soil physical properties in the field, in: Hillel, D., (Ed.), Applications of soil physics. Academic Press, New York, pp. 319-344.
- Yamamoto, J.K., Landim, P.M.B., 2015. Geoestatística: conceitos e aplicações, 1 ed. Oficina de Textos, São Paulo.
- Zanardo, B., Lúcio, A.D., Paludo, A.L., Santos, D., Vilson, B., 2010. Posições das mudas de alface nas bandejas de poliestireno e efeitos na normalidade e homogeneidade dos erros na produção de plantas. *Revista Ciência Agronômica*, 41, 285-293.