

V Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL  
06 a 08 de dezembro de 2022- Imperatriz-MA

## **CÁLCULO DA ENTALPIA EM HORTAS COM SOMBREAMENTO NA PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS**

**JOYCE DE SOUSA CORDEIRO<sup>1</sup>; GUTIERREZ RODRIGUES DE MORAIS<sup>2</sup>**

### **AFILIAÇÃO**

<sup>1</sup>Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – Campus Estreito/ Centro de Ciências Agrárias, Naturais e Letras (CCANL) – Avenida Brejo do Pinto, S/N- CEP: 65975-000.

### **RESUMO**

O cultivo de hortaliças em climas quentes vem sendo um desafio para os produtores que trabalham com esse tipo plantio, e para amenizar a quantidade de radiação e perda de umidade contida no solo eles utilizam o sombreamento para diminuir essas variáveis. A umidade relativa do ar influencia também no crescimento e no desenvolvimento dessas plantas. No entanto o principal objetivo é implantar o sombreamento em diferentes alturas e medir as temperaturas, umidade relativa do ar, e o comprimento da parte aérea da rúcula e depois com esses dados obtidos durante um período, vamos calcular a entalpia e identificar qual altura de sombreamento ideia para a cultura da rúcula (*Eruca sativa*). Para fazer o plantio foi necessário realizar a adubação do solo e a semeadura, juntamente com a irrigação. Contudo esses dados foram colocados em gráficos para fazermos as comparações e podermos dar uma resposta significativa para os produtores dessa cultura, ou seja, informar qual altura de sombreamento ideal para o nosso clima e a cultura cultivada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Hortaliças; Temperatura; Entalpia.

### **INTRODUÇÃO**

O cultivo de hortaliças em regiões de clima tropical como a região tocantina do Maranhão, torna-se desafiador em decorrência das temperaturas elevadas que podem limitar a produção, fazendo com que produtores optem pelo uso de ambientes protegidos. Este possibilita a criação de um microclima favorável ao cultivo de hortaliças, pois proporciona certo controle

V Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL  
06 a 08 de dezembro de 2022- Imperatriz-MA

das variáveis climáticas, como temperatura, umidade, radiação solar e vento. A redução nas variações do clima resulta em ganho de eficiência produtiva estimado em 40%, além de reduzir o efeito da sazonalidade. Dessa forma, o cultivo em ambiente protegido com a utilização de telas de sombreamento pode minimizar os efeitos da temperatura sobre a planta, permitindo a realização de cultivos em épocas que normalmente não seriam escolhidas para a produção em pleno sol. As telas de sombreamento são amplamente utilizadas no sistema produtivo das hortaliças folhosas como alface e rúcula (GALVANI, 1998). Nas instalações, os elementos decisivos para desencadear os sistemas de aclimação, estão relacionados às condições microclimáticas. Alguns autores consideram que uma análise conjunta de temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar são importantes para verificar ambientes climatizados explicados por certas situações de conforto térmico e estresse térmico para as quais os seres vivos são submetidos (TEETER 1990; ESMAY 1982). Essas variáveis são responsáveis por quantificar a capacidade de energia térmica no meio ambiente, resumida por esta variável física que representa as características psicrométricas do ar úmido responsáveis pelo processo de troca térmica (ÇENGEL, 2001). Como um índice de conforto, a entalpia indica condições ambientais relacionadas ao calor sofrido pelas hortaliças. Esta variável é frequentemente usada como um indicador de conforto para instalações e sistemas de refrigeração, indicando uma quantidade de energia térmica a ser removida do ambiente para permitir condições térmicas de sobrevivência dentro de uma instalação (MOURA, 1997).

## **METODOLOGIA**

O experimento foi desenvolvido próximo a Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão do campus Estreito - MA. Antes do processo de instalação do experimento, o local teve que ser estruturado para que comportasse e protegesse todo trabalho desenvolvido. Inicialmente observamos o tipo de solo da área e suas características através de análises de solo e visualização periódica, para buscarmos condições favoráveis de nutrição para a planta. Após o processo de análise do solo, calculamos a quantidade de macro e micronutrientes que a planta necessitaria para ter um bom desenvolvimento e de acordo com o que o solo estava disponibilizando. O solo do local do experimento era bastante ácido e de textura argilosa, com isso foi preciso realizar a calagem para neutralizar o pH do solo. Após o período necessário para que o calcário reagisse no solo, confeccionamos 3 canteiros de 8,3 metros de comprimento e 1,20 metros de largura com alturas de 20 centímetros, para que

V Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL  
06 a 08 de dezembro de 2022- Imperatriz-MA

podéssemos semear as sementes da cultura escolhida. De acordo com a análise de solo, foi necessário realizar a adubação química e orgânica, para isso usamos cama de frango como adubação orgânica por ser rica em nitrogênio e outros nutrientes essenciais para as plantas. Para adubação química aplicamos o NPK 15-15-15, rico em fósforo, nitrogênio e potássio. As adubações foram aplicadas uma única vez, antes da semeadura e em dosagens adequadas para a cultura durante o período de crescimento.

A semeadura foi feita 5 dias após a adubação, para que não houvesse problemas durante a germinação das plântulas, as sementes utilizadas tinham altas taxas de germinação e alto vigor, e anteriormente eram armazenadas em ambientes favoráveis para manter suas características. A abertura dos sulcos para a semeadura foi de 0,5 cm de profundidade para facilitar a germinação, e 20 cm entre linhas para evitar o acúmulo de plantas por metro quadrado. O experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados (DBC), onde havia 3 blocos e 6 tratamentos em cada bloco. Os blocos eram representados pelos os canteiros e os tratamentos pelas diferentes alturas de sombreamento. Cada canteiro foi dividido em 6 partes para implantar os tratamentos, cada tratamento tinha alturas diferentes de 20 cm, 40 cm, 80 cm, 100 cm 120 cm e o tratamento sem sombreamento, que posteriormente seria considerado como tratamento testemunha. Os blocos eram representados com a letra B e tratamentos com a letra T, o sombreamento de 120 cm é representado pelo o tratamento 1, o de 100 cm com tratamento 2 e assim sucessivamente. Na figura 1 observamos as primeiras plântulas aparecendo, e na figura 2 as plantas em seu ciclo final em ponto de colheita.



Figura 1: Aparecimento das plântulas.

V Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL  
06 a 08 de dezembro de 2022- Imperatriz-MA



Figura 2: Canteiros de rúcula.

Dez dias após a semeadura iniciamos o processo de monitoramento das variáveis em estudo, utilizando alguns equipamentos para as medições de temperatura e umidade relativa do ar, usamos um termômetro que mostrava as duas variáveis (temperatura em graus celsius °C e umidade relativa do ar em porcentagem %). Essas medidas eram feitas acima da planta, e uma trena para medir o comprimento da parte aérea das hortaliças. Essas medições foram realizadas em três horários diferentes, uma pela a manhã, meio dia e no final da tarde, essas medições eram realizadas logo após a irrigação, ou seja, era realizada três irrigações durante o dia, por conta das características do solo e pela alta temperatura, que facilitava na perda de água do solo, dificultando a planta de realizar suas funções fundamentais. A irrigação foi realizada de forma igualitária para todos os tratamentos para não influenciar nos resultados finais das análises.

Após 30 dias do início da semeadura, colhemos dez plantas de maior vigor de cada tratamento para realizarmos análises estatísticas, para intensificarmos nossos resultados, como a altura da parte aérea, massa fresca da parte aérea e massa seca. Para realizarmos os cálculos da Entalpia usamos uma equação utilizando as variáveis de umidade do ar, temperatura e pressão barométrica (figura 3). Onde na equação RH é a umidade do ar, T é a temperatura, Pb é a pressão barométrica e h é a Entalpia.

$$h = 1,006T + \frac{RH}{P_B} 10^{\left(\frac{7,5T}{237,3} + T\right)} (71,28 + 0,052T)$$

Diagram illustrating the variables in the enthalpy equation:

- h**: Entalpia (Enthalpy)
- 1,006T**: Term involving temperature (T)
- RH**: Umidade do ar (Relative Humidity)
- P<sub>B</sub>**: Pressão Barométrica (Barometric Pressure)
- 10<sup>(7,5T/237,3 + T)</sup>**: Term involving temperature (T)
- (71,28 + 0,052T)**: Term involving temperature (T)

Figura 3: Equação da Entalpia.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cinco dias depois da semeadura das sementes iniciou-se o aparecimento das primeiras plântulas em alguns tratamentos, porém para as avaliações começaram no décimo dia para que pudéssemos ter maior facilidade no momento das avaliações, principalmente na medição das folhas.

As avaliações foram feitas durante 20 dias consecutivos para que não houvesse nenhum tipo de interferência de dados. Após todo o processo de observação, podemos concluir que os sombreamentos com de altura média, nesse caso a altura com melhor desempenho foi o de 40 cm. Porém na altura de 120 cm, algumas plantas tiveram resultados significativos. Através dos dados, observamos que o sombreamento influencia positivamente no crescimento e desenvolvimento dessa hortaliça.

A figura 4 mostra o crescimento da hortaliça. Em estudo teve um bom desempenho principalmente no tratamento 4, onde a altura era de 40 cm, comparando com o tratamento 6 que é o tratamento testemunha (controle), observamos que o sombreamento influenciou no crescimento da rúcula, e que a alta temperatura e umidade baixa, faz com que o desenvolvimento da planta seja reduzido, pela falta de umidade de umidade no solo as plantas não completam suas funções adequadamente.

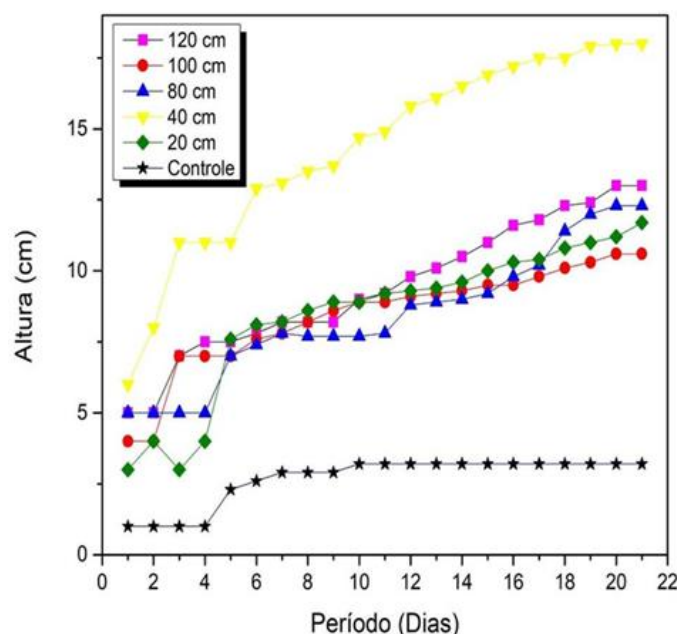


Figura 4: Relação entre o crescimento das hortaliças em relação aos dias.

V Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL  
06 a 08 de dezembro de 2022- Imperatriz-MA

Na figura 5, podemos observar que a entalpia é bem maior no tratamento sem sombreamento, possibilitando um menor conforto térmico para as plantas, já nos tratamentos de 20 cm e 40 cm tiveram um melhor conforto térmico.

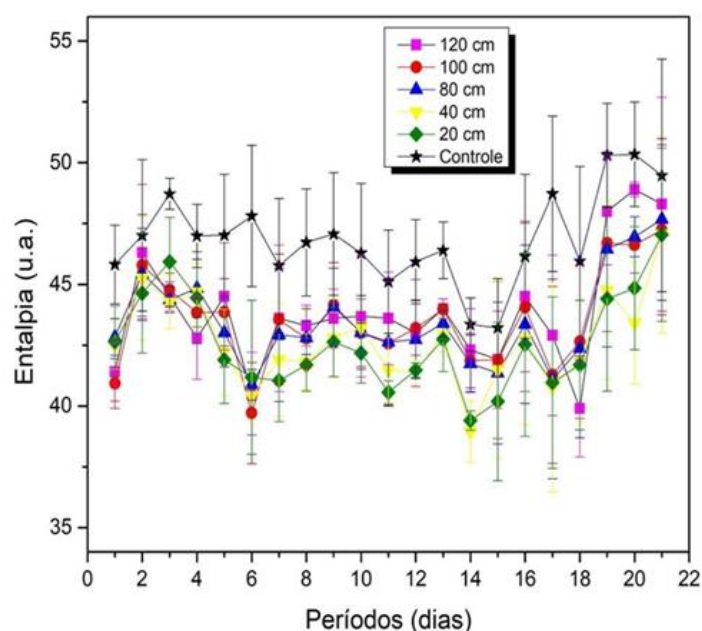


Figura 5: Entalpia nos canteiros com alturas diferentes.

Na tabela 1 é mostrado os dados da massa fresca da parte aérea da planta de cada bloco e na tabela 2 é mostrado a massa seca da parte aérea da planta. Com os dados contidos em cada tabela podemos estabelecer alguns resultados importantes, na tabela 1, analisamos que o peso com maior significância foi do tratamento de 80 cm, isso levando em consideração as dez plantas com maior vigor podemos observar isso na figura 3. Com isso na tabela 2, consequentemente teriam resultados comparativos.

Tabela 1: Tabela 1: M.F.P.A - Massa fresca da parte aérea da planta:

| M.F.P.A |        |      |       |      |       | Média |          |
|---------|--------|------|-------|------|-------|-------|----------|
| B1T1    | 72,21  | B2T1 | 54,96 | B3T1 | 34,58 | B1    | 53,91667 |
| B1T2    | 120,23 | B2T2 | 76,09 | B3T2 | 52,47 | B2    | 82,93    |
| B1T3    | 81,89  | B2T3 | 84,2  | B3T3 | 55,84 | B3    | 73,97667 |
| B1T4    | 78,09  | B2T4 | 65,29 | B3T4 | 50,89 | B4    | 64,75667 |
| B1T5    | 69,74  | B2T5 | 54,89 | B3T5 | 36,77 | B5    | 53,8     |
| B1T6    | 37,95  | B2T6 | 49,72 | B3T6 | 19,45 | B6    | 35,70667 |

V Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL  
06 a 08 de dezembro de 2022- Imperatriz-MA

Tabela 2: M.S.P.A - Massa seca da parte aérea da planta:

| M.S.P.A |       |      |      |      |      | Média |          |
|---------|-------|------|------|------|------|-------|----------|
| B1T1    | 6,34  | B2T1 | 5,69 | B3T1 | 3,7  | B1    | 5,243333 |
| B1T2    | 10,64 | B2T2 | 7,34 | B3T2 | 5,58 | B2    | 7,853333 |
| B1T3    | 7,24  | B2T3 | 7,74 | B3T3 | 5,44 | B3    | 6,806667 |
| B1T4    | 6,68  | B2T4 | 5,91 | B3T4 | 5,49 | B4    | 6,026667 |
| B1T5    | 5,49  | B2T5 | 4,65 | B3T5 | 3,8  | B5    | 4,646667 |
| B1T6    | 4,33  | B2T6 | 5,24 | B3T6 | 2,6  | B6    | 4,056667 |

De acordo com os dados finais, podemos concluir que a melhor altura de sombreamento para o cultivo de rúculas seria de 40 cm, utilizando o sombrite de 50% no quesito crescimento, mesmo que a massa fresca tenha um melhor resultado na altura de 100cm, devemos observar que a escolha para essa análise foi de plantas mais vigorosas, portanto dentro do tratamento existam uma variação por plantas. Cada tratamento tinha 3 repetições e apenas o de 40cm teve uma homogeneidade quantitativa e qualitativa de plantas, no tratamento testemunha, apenas algumas plantas emergiram e se desenvolveram, isso se justifica pela a quantidade de radiação solar emitida durante o dia.

Foi verificado que o melhor conforto térmico medido através da Entalpia para a cultura da rúcula está incluído nos tratamentos com menores alturas de sombreamento, pois o desenvolvimento delas tem melhor qualidade e respostas para o produtor. Neste caso podemos concluir que o conforto térmico influencia positivamente no crescimento das plantas.



Figura 6: Diferença entre o blocos sem sombreamento e os blocos com sobreamento.

V Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL  
06 a 08 de dezembro de 2022- Imperatriz-MA

Por fim, devemos destacar a importância de se utilizar o sombreamento na produção de hortaliças em locais de ambientes com temperaturas elevadas, podemos observar detalhadamente na figura 6, a diferença visual desse crescimento.

### APOIO FINANCEIRO

Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÇENGEL, Y. A.; BOLES, M. A. Thermodynamics: **An Engineering Approach**. McGraw-Hill, New York, 2001.

ESMAY, M. L. Principles of Animal Environment. **Avi Publishing**, Westport. p. 325, 1982.

FAIREY, P. W. Passive Cooling and Human Comfort. **FSEC Publication DN-5**, University of Florida. 1994.

GALVANI, E.; DANTAS, R. T.; ESCOBEDO, J. F.; KLOSOWSKI, E. S. Parâmetros meteorológicos em cultura de alface (*Lactuca sativa*, L.) cultivada em casas de vegetação com orientações leste-oeste, norte-sul e condições externas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.6, n.2, p.157- 63, 1998.

MOURA, D. J.; NAAS, I. A.; SILVA, I. J. O.; SEVEGNANI, K. B.; CORREA, M. E. The use of enthalpy as a thermal comfort index. In: Livestock environment, **St. Joseph. Proceedings**, vol 1. ASAE, St. Joseph, v.5, p. 242–248, 1997.

TEETER, R. G. Estresse calórico em frangos de corte. In **Conferência apinco de ciência e tecnologia avícolas**. Campinas, pp 33–44, 1990.