

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

ANILTON DE SOUZA NETO

MECANISMOS REDUTORES DE TEMPERATURA DA SOLUÇÃO NUTRITIVA  
HIDROPÔNICA DE CULTIVARES DE ALFACE (*Lactuca sativa L.*)

MANAUS  
2019

ANILTON DE SOUZA NETO

MECANISMOS REDUTORES DE TEMPERATURA DA SOLUÇÃO NUTRITIVA  
HIDROPÔNICA DE CULTIVARES DE ALFACE (*Lactuca sativa L.*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical – PPGATR - da Universidade Federal do Amazonas - UFAM, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Célio Maia Chaves  
Coorientadora: Profa. Dra. Aline Ellen Duarte de Sousa

MANAUS  
2019

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S729m Souza Neto, Anilton de  
Mecanismos redutores de temperatura da solução nutritiva  
hidropônica de cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) / Anilton de  
Souza Neto . 2019  
54 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Francisco Célio Maia Chaves  
Coorientadora: Aline Ellen Duarte de Sousa  
Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade  
Federal do Amazonas.

1. Hidroponia. 2. Redução de temperatura no cultivo. 3. Hortaliça  
folhosa. 4. Amazônia. I. Chaves, Francisco Célio Maia. II.  
Universidade Federal do Amazonas III. Título

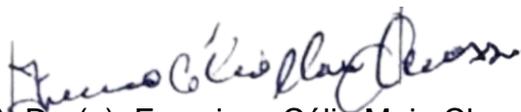
ANILTON DE SOUZA NETO

MECANISMOS REDUTORES DE TEMPERATURA DA SOLUÇÃO NUTRITIVA  
HIDROPÔNICA DE CULTIVARES DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.)

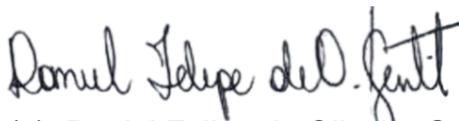
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical – PPGATR - da Universidade Federal do Amazonas - UFAM, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração Produção Vegetal.

Aprovado em: 04 de julho de 2019.

BANCA EXAMINADORA



Prof. (a). Dr. (a). Francisco Célio Maia Chaves, Presidente  
Universidade Federal do Amazonas



Prof. (a). Dr. (a). Daniel Felipe de Oliveira Gentil, Membro  
Universidade Federal do Amazonas



Prof. (a). Dr. (a). Carlos Victor Lamarão Pereira, Membro  
Universidade Federal do Amazonas

## **AGRADECIMENTOS**

Meu profundo agradecimento à minha família, em especial meu pai Anilton de Souza Filho (in memoriam), minha mãe Izabel Rolo e meus irmãos Diana e Lucas, pelo constante incentivo a minha trajetória acadêmica e vida.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical (PPGATR) pela oportunidade de aprendizado e experiência.

E por último, mas não menos importante, agradeço a CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo fomento de minha pesquisa.

Apenas gratidão!

## RESUMO

O cultivo hidropônico de hortaliças tem se expandido em todo o Brasil, porém nas regiões com clima tropical, onde altas temperaturas e alta umidade prevalecem, problemas na produção dessas espécies representam o principal problema a ser resolvido, pois a solução hidropônica absorve do ambiente calor e assim as respostas dessas plantas ficam a desejar. A alface (*Lactuca sativa* L.) é a principal folhosa cultivada no Brasil nas condições hidropônicas. Na região de Manaus/AM tem apresentado problemas de aparecimento de doenças relacionadas a alta temperatura não só ambiental como também da solução de cultivo. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar dois mecanismos redutores de temperatura da solução nutritiva hidropônica, em casa de vegetação nas condições de Manaus. Para isso foram testados o sistema 1, sem a presença de corrente de PVC no retorno da solução nutritiva e no sistema 2, a presença desta corrente, no cultivo de três cultivares de alface crespa (BRS Lélia, BRS Leila e BRS Mediterrânea). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 3 (mecanismo redutor de temperatura e cultivares de alface), com 04 repetições de 10 plantas cada para a avaliação agronômica e de pós-colheita. A presença de um redutor de temperatura influenciou as variáveis físicas de produção de alface cultivar BRS Mediterrânea, nas condições da região da cidade em questão. A cultivar Mediterrânea foi a que apresentou melhor rendimento agronômico, no sistema com redução de temperatura. Para as variáveis de pós-colheita, a cultivar Mediterrânea no Sistema 1, foi a que teve melhor resposta, para pH e AT foi a Mediterrânea no Sistema 2.

**Palavras-chave:** Hidroponia. Redução de temperatura no cultivo. Hortaliça folhosa. Amazônia.

## ABSTRACT

The hydroponic cultivation of vegetables has expanded throughout Brazil, but in regions with a tropical climate, where high temperatures and high humidity prevail, problems in the production of these species represent the main problem to be solved, as the hydroponic solution absorbs heat and energy from the environment. Thus the answers of these plants are to be desired. Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is the main broadleaf cultivated in Brazil under hydroponic conditions. In the region of Manaus/AM, it has presented problems with the appearance of diseases related to high temperature, not only environmental but also the cultivation solution. In this context, this work aimed to evaluate two temperature-reducing mechanisms of the hydroponic nutrient solution, in a greenhouse under Manaus conditions. For this, system 1 was tested, without the presence of PVC current in the return of the nutrient solution and in system 2, the presence of this current, in the cultivation of three cultivars of crisp lettuce (BRS Lélia, BRS Leila and BRS Mediterrânea). The experiment was carried out in a completely randomized design, in a 2 x 3 factorial scheme (temperature reduction mechanism and lettuce cultivars), with 04 replications of 10 plants each for agronomic and post-harvest evaluation. The presence of a temperature reducer influenced the physical variables of production of lettuce cultivar BRS Mediterrânea, in the conditions of the region of the city in question. The Mediterrânea cultivar showed the best agronomic yield in the system with reduced temperature. For post-harvest variables, the cultivar Mediterrânea in System 1 had the best response, for pH and AT it was Mediterranean in System 2.

**Keywords:** Hydroponics. Temperature reduction in cultivation. Leafy vegetables. Amazon.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Componentes da tampa dos mecanismos Sistema 1 (S1) e Sistema 2 (S2) .....	23
Figura 2. Mecanismo S1, no estágio cascata, sem a corrente de PVC.....	24
Figura 3. Mecanismo S2, no estágio cascata, com a corrente de PVC (formada por elos longos, com 4,0 cm de comprimento).....	24
Figura 4. Bancadas com plantas, apresentando Sistemas S1 e S2.....	26
Figura 5. Temperaturas mínima, máxima e no momento das avaliações no interior da casa de vegetação .....	32
Figura 6. Temperaturas da solução nutritiva nos pontos de coleta, no interior dos mecanismos trocador de calor M1 e M2 .....	33
Figura 7. pH da solução nutritiva nos pontos de coleta, no interior dos mecanismos trocador de calor M1 e M2 .....	34
Figura 8. CE da solução nutritiva nos pontos de coleta, no interior dos mecanismos trocador de calor M1 e M2 .....	35
Figura 9. Biomassa fresca total de plantas de cultivares de alface em função de mecanismos redutores da solução nutritiva hidropônica.....	39
Figura 10. Biomassa fresca total de plantas de cultivares de alface .....	40
Figura 11. Altura e número de folhas de plantas de cultivares de alface em função de mecanismos redutores da solução nutritiva hidropônica.....	41
Figura 12. Altura e número de folhas de plantas de cultivares de alface .....	41
Figura 13. Biomassa seca de plantas de cultivares de alface em função de mecanismos redutores da solução nutritiva hidropônica.....	44
Figura 14. Biomassa seca de plantas de cultivares de alface .....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Escala visual para avaliação de aparência externa das folhas de alface ..	28
Tabela 2. Resumo da Análise de Variância de biomassa fresca total (BFT), biomassa fresca comercial (BFC), altura (Alt), diâmetro da cabeça (DCA), número de folhas (NF), comprimento do caule (CC) e diâmetro do caule (DC) de quatro cultivares de alface cultivadas em sistema hidropônico com dois mecanismos de resfriamento da solução nutritiva.....	37
Tabela 3. Resumo da Análise de Variância de biomassa seca total (BST), biomassa seca de folhas (BSF), biomassa seca de caule (BSC), biomassa seca de raiz (BSR) e biomassa fresca descartada (BFD) de quatro cultivares de alface cultivadas em sistema hidropônico com dois mecanismos de resfriamento da solução nutritiva.....	39
Tabela 4. Diâmetro da cabeça, comprimento do caule e diâmetro do caule de três cultivares de alface e dois sistemas hidropônicos de produção .....	42
Tabela 5. Análise de sobrevivência de diferentes variedades de alface cultivadas em dois sistemas hidropônicos .....	45
Tabela 6. Sólidos solúveis (SS, %), pH, acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT), teor relativo de água (TRA), extravasamento de eletrólitos (EE) e Soil Plant Analysis Development (SPAD), seguidos do erro padrão da média (EPM), de três cultivares de alfaces, cultivados em dois sistemas com e sem redutor de temperatura da solução hidropônica .....	46

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1. Cultivo de plantas em hidroponia .....	14
2.2. Temperatura da solução nutritiva da hidroponia .....	16
2.3. A cultura da alface.....	18
2.3.1. Cultivares de alface .....	19
Cultivar de alface BRS Lélia .....	19
Cultivar de alface BRS Leila .....	19
Cultivar de alface BRS Mediterrânea.....	19
2.4. Pós-colheita de alface .....	20
3. OBJETIVOS.....	21
3.1. Objetivo geral .....	21
3.2. Objetivos específicos .....	21
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	22
4.1. Local do experimento .....	22
4.2. Instalação do Sistema NFT .....	22
4.3. Mecanismos redutores de temperatura da solução nutritiva .....	23
4.4. Solução nutritiva da hidroponia .....	24
4.5. Produção de mudas de alface.....	25
4.6. Avaliação dos sistemas de resfriamento da solução nutritiva hidropônica...26	
4.7. Avaliação das cultivares de alface .....	27
4.8. Análise estatística .....	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	32
6. CONCLUSÕES.....	47
7. REFERÊNCIAS .....	48

## 1. INTRODUÇÃO

O cultivo protegido vem sendo amplamente adotado nos sistemas de produção de olerícolas em várias regiões do Brasil. No estado do Amazonas vem ocorrendo um aumento na difusão dessa modalidade de cultivo, que tem apresentado muitas vantagens se comparado ao cultivo convencional. Dentre as vantagens do cultivo protegido destacam-se: efeito guarda-chuva, pois evita a incidência direta da água da chuva sobre as plantas, colheita o ano todo, estímulo da precocidade, aumento de produtividade, alta qualidade dos produtos, dentre outros.

Na região de Manaus-AM, é verificada a ocorrência de intensas chuvas e temperaturas muito elevadas, o que constituem um dos principais fatores que limitam a produção de alface e de outras hortaliças, gerando uma grande incidência de pragas e doenças, fatores esses que resultam em uma oferta irregular dos produtos, uma grande flutuação em seus preços, o que conseqüentemente estimula a importação de hortaliças de outros estados. Por outro lado, essas desvantagens têm proporcionado um elevado aumento nas áreas cultivadas com hortaliças em casa de vegetação, especialmente pimentão, alface, coentro, entre outros (GAMA e GUERRA, 2005; GAMA et al., 2008).

O cultivo em ambiente protegido vem preenchendo lacunas na produção das culturas olerícolas no estado do Amazonas, controlando a quantidade de água disponibilizada para as plantas, uma vez que a água é mencionada como fator limitante ao desenvolvimento das culturas, muito mais que a somatória dos outros fatores que influenciam no seu desenvolvimento (RODRIGUES et al., 2007). Na região de Manaus, outro aspecto importante associado ao cultivo protegido é permitir isolar as culturas de ação prejudicial de grande diversidade de patógenos que habitam o sistema produtivo, diminuindo assim o consumo de insumos no processo produtivo. Quando o solo é eliminado do processo produtivo, como é o caso do uso da hidroponia, menos agentes patológicos estarão presentes nesse tipo de cultivo, pois o uso de solução balanceada para as necessidades nutricionais das plantas está isolada do solo, restando ainda a possibilidade de ocorrência de patógenos principalmente via água da solução nutritiva e também via ambiente aéreo.

A hidroponia é uma tecnologia que segundo Gualberto et al. (1999), no Brasil, os cultivos hidropônicos são recentes, comparados com a utilização desta técnica na Europa, mas já podem ser encontrados nos cinturões verdes de algumas capitais, e

também em algumas cidades do interior. Como meio de produção vegetal, a hidroponia tem se mostrado ser uma técnica usada principalmente visando hortaliças em cultivo protegido. Neste contexto, representa uma excelente alternativa ao cultivo a céu aberto, possibilitando a obtenção de produtos de qualidade superior, de maneira uniforme, maior produtividade (JENSEN e COLLINS, 1983; CASTELANE e ARAÚJO, 1994; FAQUIN et al., 1996), com custos menores ao longo dos anos, pois uma das desvantagens desta técnica é o alto custo inicial, pois é necessário investimento alto, principalmente nas estruturas das casas e de cultivo.

De acordo com Sasaki (1997), em Manaus, a temperatura dentro dos túneis de cultivo pode chegar facilmente à faixa de 47°C, somado a esse fator, a solução nutritiva é aquecida de maneira rápida, resultante do equilíbrio térmico da temperatura ambiente com a solução, considerada receptora de energia. O autor ainda cita, ainda, como desvantagem, o pendoamento precoce, menor altura de plantas e redução na área foliar, que culminam por fim em produtos de valor comercial inferior ou mesmo impróprios para comercialização, para alface e outras olerícolas testadas.

Para que o produtor possa atender às exigências do mercado consumidor, de maneira eficaz, é necessário a introdução de novas técnicas e manejo dos sistemas de produção, tais como novas variedades que se adaptem as nossas condições climáticas locais, controles ambientais de temperatura, umidade, além de outros.

Tecnologias empregadas nos sistemas hidropônicos como o uso de telas de sombreamento em locais de temperatura e luminosidade elevadas (SOUSA et al., 2017) podem contribuir para diminuir os efeitos extremos da radiação, principalmente a fotorrespiração, e proporcionar maior produtividade e qualidade das folhas para consumo, com a redução de temperatura dentro da casa de vegetação. Outra tecnologia empregada são os CLPs (Controlador Lógico Programável) que surgiram nos anos da década de 60 e substituíram os painéis de cabina de controle com relés diminuindo o tempo de exposição da solução nutritiva à radiação solar (SOUZA e OLIVEIRA, 2003).

A transferência espontânea de calor ocorre sempre do objeto de maior temperatura para aquele de menor temperatura, logo, essa transferência de energia ocorre até que as temperaturas se igualem, ou seja, até que os objetos atinjam o equilíbrio térmico, nesse caso a solução nutritiva hidropônica versos o ar dentro da tubulação e a tubulação exposta à radiação solar, pois de acordo com Reif (1983), ao

definir o conceito de calor: quando dois sistemas macroscópicos, a diferentes temperaturas, são postos em interação térmica (exclusivamente), denomina-se calor a energia líquida que se transfere do sistema inicialmente da mais alta temperatura para a mais baixa temperatura.

Sem dúvidas, uma das maiores dificuldades em se produzir de alface bem formadas, no sistema hidropônico em clima tropical, como exemplo o estado do Amazonas, levando em conta as condições climáticas adversas, é a elevada temperatura da região do sistema radicular, onde estas altas temperaturas podem causar problemas de ordem fitossanitária e nutricional às plantas, principalmente devido à baixa disponibilidade de oxigênio para a raiz. Isso também foi observado por Lee e Cheong (1996) em cultivos hidropônicos nas condições de Singapura, onde nos períodos mais quentes do dia a temperatura da solução nutritiva se eleva muito.

A temperatura da solução deve se manter por volta dos 25°C e não ultrapassar os 28°C. Mas, dependendo do tipo de cultivo é necessário fazer alguns ajustes na formulação para atender suas características específicas. E é importante manter a solução sempre ao abrigo da luz, para evitar o desenvolvimento de algas. Em regiões de muito calor, as cultivares absorvem uma quantidade maior de água do que nutrientes e é necessário trabalhar com soluções mais diluídas (HIDROGOOD, 2019). Esse desbalanço nutricional leva as plantas a crescerem menos.

Considerando que os custos são altos, pelo menos na fase inicial de um cultivo hidropônico, aliado ainda as condições climáticas adversas, que implicam em mais gastos com os atuais meios (exaustores elétricos, freezers, serpentinas, dentre outros) para diminuir a temperatura da solução nutritiva, esse trabalho pretende, de forma ainda exploratória, representar uma alternativa de baixo custo para o produtor de alface no sistema hidropônico NFT, de Manaus, AM, possibilitando e reduzindo possivelmente as perdas na produtividade decorrentes das altas temperaturas registradas em nossa região.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1. Cultivo de plantas em hidroponia**

Por hidroponia entende-se o cultivo de plantas sem a presença de solo, pois as plantas obtêm a sua nutrição a partir de filmes de água mais nutrientes, formando a solução nutritiva, que ao passar pelas raízes tem os nutrientes absorvidos pelas plantas. Algumas espécies se destacam no uso da hidroponia, sendo o cultivo mais intenso nas olerícolas e frutíferas (MACHADO, 2000).

Embora o cultivo sem solo já seja datado de muito tempo (1650 com Van Helmont), a técnica em si foi fundamentada quando Nicholas Théodore Sanssure no ano de 1804 fez uso de uma solução nutritiva de concentração conhecida, preparada à base de vários sais solubilizados em água destilada (CARMELLO, 1998). O seu grande impulso como atividade comercial ocorreu com a publicação de "The Complete Guide to Soilless Gardening" por Willian F. Gericke, da Universidade da Califórnia (USA) em 1936, fazendo uso e instituindo a palavra "HIDROPONIA" (CARMELLO, 1998; SANTOS, 1998; FAQUIN et al, 1996; TEIXEIRA, 1996; DOUGLAS, 1987).

Segundo Bezzera Neto e Barreto (2012), muitos outros trabalhos importantes foram realizados e publicados a respeito do assunto, dentre eles estão: a fórmula da solução de Dennis Robert Hoagland e Daniel I. Arnon datado em 1950, que serve de base para o preparo de soluções nutritivas ainda nos dias de hoje. Outros trabalhos como o C. M. Johnson e colaboradores, que propuseram uma modificação na solução de número 2 de Hoagland e Arnon, fazendo menção na relação de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  modificando para 1:7, estabilizando o pH da solução nutritiva próximo de cinco (CARMELLO, 1998). E tão importante quanto os outros trabalhos sendo este um marco na hidroponia econômica e comercial, foi o desenvolvimento do conceito de NFT (Nutrient Film Technique), traduzido como Técnica de Fluxo Laminar de Nutrientes, por Allen Cooper em 1965 (JONES, 1983).

Hidroponia é considerada nos dias atuais como inovação, utilizada como atividade comercial há pouco mais de quarenta anos (BEZZERA NETO e BARRETO, 2012). Segundo Koefender (1996), os pioneiros no cultivo hidropônico no Brasil, o fizeram a partir de informações obtidas com pesquisas conduzidas na Europa, Estados Unidos (USA) e Austrália, que apresentavam condições climáticas, custos de produção e mercado consumidor muito diferente da realidade local, gerando muitas

vezes resultados contrários às expectativas desejadas. Diante desta situação, produtores abandonaram esse modelo de cultivo, outros persistiram, desenvolvendo e adaptando tecnologias próprias, tendo como base os erros e acertos obtidos durante o processo e nas experiências trocadas entre eles.

A hidroponia aparece como uma possível alternativa para suprir à demanda de produção e os quesitos de produção em áreas agricolamente limitadas sem a inserção maciça de insumos usados na agricultura convencional, em especial o uso de agrotóxicos, viabilizando áreas urbanas densamente povoadas, em paralelo com a carência de extensas áreas próprias para o cultivo, que demandam grandes quantidades de produtos oriundos da agricultura (COMETTI, 1965).

Como vantagens da técnica estão uma produção de melhor qualidade, com plantas crescendo em ambiente com vários níveis de controle, que atendem sumariamente as exigências da cultura, mostrando durante o ano todo um tamanho e aspectos sempre uniformes (FAQUIM et al., 1996). O cultivo em água, quando comparado aos outros sistemas de produção, contribui na praticidade da operação do processo, facilidade de esterilização dos canais de cultivo entre uma colheita e outra, também o uso do espaço vertical, plantio e colheita feitos de maneira simplificada (MARTINEZ e SILVA FILHO, 1997).

Uma das dificuldades à adoção de uma hidroponia é a necessidade de profissionais capacitados na área, exigindo conhecimentos técnicos e de fisiologia vegetal, é o que relata Faquin et al. (1996). Para Aita e Londero (2000), dentre os fatores importantes para a hidroponia, a dependência de energia elétrica é um fator a ser considerado, pois pelo menos 20,0 % são devido a esta componente do sistema.

O alto custo do sistema hidropônico, principalmente na implantação, em estimulado o surgimento de novas linhas de pesquisas com o intuito de reduzir os investimentos, especialmente nos custos variáveis do sistema como energia elétrica e solução nutritiva (CARRASCO et al., 1999).

Um balanço inadequado da solução nutritiva pode causar toxidez à planta devido ao excesso de um ou mais elementos, queimando o sistema radicular das plantas e por vezes a parte aérea, inviabilizando seu comércio, observado em alguns ciclos de alface e outras olerícolas.

Requer equipamentos mais precisos e sofisticados para executar as atividades, estes são mais caros dificultando a aquisição, instalação e manutenção. Sistemas hidropônicos dependem inteiramente de sua inércia, tornando-o vulnerável às falhas e erros no manejo. Como depende de automação de alguns processos, qualquer avaria pode ter graves consequências experimentadas durante as fases de testes com algumas hortaliças. Vários sistemas de transporte e alimentação das plantas podem ser usados para o uso do cultivo hidropônico, mas o mais consolidado é o sistema NFT, que foi desenvolvido por Allen Cooper, na Inglaterra. Esta técnica consiste na circulação de um fino filme de nutrientes passando pelas raízes das plantas e retornando a um reservatório.

É um sistema fechado, ou seja, não se perde a solução nutritiva. Um tanque abaixo do nível das bancadas coleta solução bombeada para os canais de cultivo que corre por gravidade, a taxa de fluxo é cerca de 2 litros de solução nutritiva por minuto por canal. Em alguns sistemas a circulação é contínua, em outros circula 15 minutos a cada 30 minutos (MARTINEZ e SILVAFILHO, 1997).

## **2.2. Temperatura da solução nutritiva da hidroponia**

Os sistemas de hidroponia têm sido usados especialmente em áreas próximas aos principais centros urbanos consumidores como as feiras, abastecidas geralmente pela produção gerada por glebas de terra, cultivadas às margens dos limites urbanos e rurais do município, exibem características descritas como de altas temperaturas. Esta condição torna o cultivo vegetal um desafio, principalmente porque a temperatura da zona da raiz não é controlada no modelo de cultivo a céu aberto (HE e LEE, 1998).

Scatolini (1996) observou que a cobertura plástica aumentou cerca de 1,2 a 4,4°C a temperatura interna da casa de vegetação em relação ao ambiente externo. Temperaturas acima de 30°C e alta pluviosidade afetam a produção de alface, e o cultivo protegido sob telados podem minimizar os efeitos proporcionados por estes fatores (FIGUEIREDO et al., 2004). Uma das características da hidroponia é a capacidade de controlar a temperatura da solução nutritiva e sistema radicular, usando aquecedores ou espiral de arrefecimento, para aumentar ou diminuir a temperatura (RODRIGUES, 2002).

A temperatura da solução afeta o teor de oxigênio e, em alface, quando a temperatura é alta, pode causar a morte da raiz. Neste caso, recomenda-se que a

temperatura não exceda 20°C (MAGALHÃES, 2006). Nas condições da região Norte mesmo tendo uma amplitude térmica grande, alcançando temperaturas mínimas em torno de 22-23°C, alcançar 20°C torna o sistema oneroso, pois atualmente o uso de aparelhos elétricos tem sido uma das poucas alternativas.

Frantz et al. (2004) observaram que as temperaturas entre 27 e 30 °C (parte da superfície e solução nutritiva) proporcionou maior ganho diário de carbono, influenciou positivamente a expansão da folha permitindo que as plantas se aproximem do máximo de absorção fotossintética. Temperaturas essas que são atingidas com facilidade e registradas por Sasaki (1997), nas condições de Manaus.

O grande desafio nas regiões tropicais é manter a temperatura estável em níveis adequados para o desenvolvimento e crescimento da planta, dentro da amplitude térmica para as culturas, durante o dia inteiro, principalmente nas horas mais quentes do dia.

Mudanças relativamente pequenas na temperatura do ambiente radicular podem causar um impacto significativo no desenvolvimento deste sistema, dependendo do estágio fenológico e da duração dessa temperatura ao qual o sistema radicular é exposto (RODRIGUES, 2002). Níveis excessivamente elevados da temperatura da solução nutritiva estão associados com condições de hipóxia e são uma das causas da redução no crescimento ao longo das calhas de cultivo (ANDRIOLO, 1999). Registros em 1997 de 47°C dentro dos canais de cultivo foram feitos por Sasaki (1997), em Manaus, AM.

Alberoni (1998) descreveu que durante um experimento a temperatura do ar em ambiente protegido oscilou entre 10,1°C a 59,2°C para as temperaturas mínimas (Tmin) e máximas (Tmax), tendo à mínima variado de 10,1°C a 23,6°C e as máximas de 40°C a 59,2°C, a umidade relativa do ar apresentou mínima de 12% e máxima de 83% durante todo o experimento, tais variáveis ultrapassaram o limite máximo recomendado como ideal para hortaliças. Temperaturas do ar ideais para olerícolas em cultivo protegido foram de 18 a 24°C na hora mais quente e de 10 a 16°C para os períodos mais frios da região onde foi conduzido o experimento.

O fato descrito acima por Alberoni (1998) pode ser um dos muitos fatores que permitem a transferência desse calor do ar dentro da casa de vegetação, para a solução nutritiva, que percorre os canais de cultivos, bem como a falta de aeração da

solução nutritiva dentro dos grandes reservatórios, assim como a radiação solar que incide sobre os canais de cultivos aquecendo a solução nutritiva distribuída para o sistema radicular das hortaliças.

A ação do fotoperíodo e a temperatura do ar são os fatores determinantes nas mudanças dos estágios de desenvolvimento das plantas, sendo que, para diversas espécies e interesse agrícola, a temperatura do ar é o principal elemento do ambiente condicionante do desenvolvimento, interferindo tanto na emissão de folhas quanto na mudança dos estágios fenológicos (HERMES et al., 2001).

### **2.3. A cultura da alface**

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta herbácea da família Asteraceae, muito delicada, anual, com caule diminuto, não ramificado, onde se inserem as folhas (FIGUEIRA, 2014). É a hortaliça folhosa mais consumida no mundo. Nos últimos anos o consumidor tem a sua disposição uma maior diversidade, com diferentes tipos e cultivares de alface. No Brasil, há uma preferência maior para as alfaces crespas e as lisas, mas já há no mercado também cultivares roxas e com as folhas frisadas.

No geral, são encontradas para consumo os seguintes tipos no mercado (HENZ e SUINAGA, 2009):

Repolhuda Lisa: apresenta folhas lisas, delicadas e macias, com nervuras pouco salientes, com aspecto oleoso (“manteiga”), formando uma cabeça típica e compacta. Repolhuda Crespa ou Americana: folhas crespas, consistentes e crocantes, cabeça grande e bem compacta. Solta Lisa: folhas lisas e soltas, relativamente delicadas, sem formação de cabeça compacta. Solta Crespa: folhas grandes e crespas, textura macia, mas consistente, sem formação de cabeça; pode ter coloração verde ou roxa. Solta Crespa Roxa: as folhas apresentação coloração arroxeadas e Tipo Romana: folhas tipicamente alongadas, duras, com nervuras claras, com uma cabeça fofa e alongada, na forma de cone.

Apesar do surgimento de cultivares tropicalizadas (SALA e COSTA, 2012), o comportamento desses materiais não é o mesmo em todas as regiões produtoras, devendo-se esperar variabilidade morfogenética entre as cultivares para as características de produtividade e estudos locais permitem a recomendação de cultivares adaptáveis e estáveis na região na qual foi avaliada (BLIND e SILVA FILHO, 2015).

Os produtores têm utilizado cultivares recomendadas pelas empresas produtoras de sementes, que nem sempre se adaptam a uma ampla faixa de ambientes (GUALBERTO, 2000).

### **2.3.1. Cultivares de alface**

As empresas e instituições oficiais de pesquisa têm desenvolvido e disponibilizado para o mercado inúmeras cultivares de alface. Essas cultivares estão distribuídas dentro dos vários tipos de grupos, levando em consideração o tipo de cabeça, cor, em relação ao tipo de cabeça, cor, categoria, dentre outros (HORTIBRASIL, sd.). Recentemente a Embrapa lançou três cultivares: BRS Lélia, BRS Leila, BRS Mediterrânea. Essas variedades são classificadas como crespa verde e apresentam as seguintes características (EMBRAPA, 2017):

#### **Cultivar de alface BRS Lélia**

A cultivar BRS Lélia é uma alface do tipo crespa que se destaca pela adaptação às condições tropicais, um fator positivo já que essa espécie é originária de regiões de clima temperado. Ela enquadra-se no segmento varietal de alface crespa de folhas verdes, que é o mais importante no mercado nacional em termos de área cultivada e volume de produção.

#### **Cultivar de alface BRS Leila**

A cultivar de alface crespa BRS Leila apresenta ampla adaptação aos diferentes tipos de cultivo, como campo aberto e cultivo protegido, mas por apresentar um formato cônico, destaca-se na produção hidropônica.

#### **Cultivar de alface BRS Mediterrânea**

A cultivar BRS Mediterrânea é uma alface de folhas crespas de coloração verde-clara, que corresponde ao tipo varietal preferido pelos consumidores brasileiros. Ela apresenta resistência à doença de solo denominada fusariose e aos nematoides-das-galhas, o que contribui para a menor necessidade de aporte de agrotóxicos nos cultivos de alface. Isso soma benefícios para o meio ambiente, mas também para o consumidor, já que a principal forma de consumo são folhas frescas.

## 2.4. Pós-colheita de alface

Além da qualidade nutricional e segurança alimentar, há de se considerar a conservação da qualidade aparente do produto após a colheita, segundo Kays (1999).

A temperatura é um dos principais fatores que podem influenciar na produção e até mesmo na arquitetura, peso e qualidade da cultura da alface (SILVA et al., 2000).

O ambiente, somado ao componente genético, é dois grandes responsáveis pelas mudanças fisiológicas e morfológicas das plantas, como crescimento, floração e senescência. O cultivo comercial de hortaliças em estufas plásticas é uma atividade consolidada e crescente, principalmente nas proximidades das grandes concentrações urbanas, onde a capacidade de produção intensiva em pequenas áreas atende a grande demanda que esses locais apresentam, tanto em quantidade como em qualidade de produtos hortifrutigranjeiros (ARAUJO et al., 2010).

Segundo Pereira et al. (2002), o desenvolvimento das culturas está associado normalmente a diversos fatores ambientais, sendo a temperatura do ar um dos mais importantes. A temperatura influencia, entre outros, a velocidade das reações químicas e os processos internos de transporte da planta.

O hidrosfriamento se destaca dentre esses métodos por sua simplicidade, praticidade e eficiência, e consiste na utilização de água gelada ou fria para baixar a temperatura do produto antes de ser embalado e refrigerado. Um dos grandes benefícios desse método é a prevenção da perda de umidade durante o processo de resfriamento (WILLS, 1998). Para aplicação do método pode-se usar aspersão ou imersão do produto em água gelada e, segundo Kays (1999), para que o método seja efetivo, o contato entre a água e a superfície do produto deve ser uniforme.

O uso do gelo na água aumenta ainda mais as vantagens do resfriamento, pois aumenta substancialmente a capacidade frigorífica, fornecendo frio de forma prolongada (VIGNEAULT e CORTEZ, 2002).

Mas, de certa forma, esses métodos contribuem para o aumento do preço final do produto.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo geral**

Avaliar mecanismos redutores de temperatura da solução nutritiva no cultivo hidropônico de cultivares de alface crespa em cultivo hidropônico em Manaus-AM.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Avaliar o desempenho dos mecanismos de resfriamento na temperatura, pH e condutividade elétrica da solução nutritiva do cultivo hidropônico de cultivares de alface.
- Avaliar o desempenho agronômico e de pós-colheita de três cultivares de alface crespas verdes (BRS Leila, BRS Lélia e BRS Mediterrânea) em cultivo hidropônico com mecanismo redutor de temperatura da solução nutritiva.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Local do experimento**

O experimento foi realizado no Sítio Vivenda dos Buritis, Km 28, AM 010, especializada na produção de hortaliças em sistema hidropônico como alface (crespa e americana), agrião, rúcula, salsa, manjeriço, maxixe e pepino.

A instalação do sistema hidropônico NFT foi em um ambiente protegido das intempéries, constava de uma casa de vegetação coberta com filme plástico transparente de 150 micra nas dimensões de comprimento - 24m, largura - 5,25 m, pé direito - 2,10m e altura do arco - 3,40m.

### **4.2. Instalação do Sistema NFT**

As bancadas foram construídas nas dimensões de 1,40m de largura por 11m de comprimento, começando com 1,20m de altura e terminando com 0,80m de altura, com sete perfis espaçados 20 cm entre eles, com furos espaçados 25 cm entre si, totalizando 44 furos por perfil, sendo sete perfis por mecanismo de redução de temperatura da solução nutritiva.

Os reservatórios usados para armazenamento e distribuição dos canais de cultivo, da solução nutritiva usada, tinham duas bombonas de 200 litros, azul, de PVC com tampa fixa, recondicionada, com capacidade para 100 litros de solução disponibilizados por bancada de forma individualizada. Cada bombona tinha um sistema para manter o nível da solução de forma a não haver excesso desta para o ambiente externo.

O sistema de alimentação do canal de cultivo foi feito com o auxílio de eletrobombas, tendo sido acoplado a parte inferior um adaptador auto ajustável, soldável, com rosca interna e junta de vedação, para reservatórios, conectada a um registro de esfera monobloco, soldável, conectado a uma curva de 90°, soldável, acoplada a um joelho de 90° soldável, que por sua vez estavam conectados a um tubo de PVC soldável de 60 cm vazados e equipados com anel de vedação conectados a micro união confeccionada em material estabilizado contra UV, conectado a micro tubos PEBDL e PVC flexível fabricado com resinas virgens (PEBDL – Polietileno de Baixa Densidade Linear ou PVC) e aditivação contra raios UV (ultravioleta), despejando a solução dentro dos canais de cultivo. As eletrobombas usadas são do modelo EBE 01 (fabricante EMICOL) com especificações - Corpo: termoplástico;

Terminais: Faston 6,3mm; Tensão: 127 Vca - 60Hz e Vazão de 14 L/min; acoplada a mangueiras de 22mm que faziam o retorno da solução nutritiva resfriada do reservatório do mecanismo de resfriamento para o reservatório de distribuição e acionamento do ventilador para resfriar solução nutritiva de retorno dos canais de cultivo.

#### 4.3. Mecanismos redutores de temperatura da solução nutritiva

Os mecanismos de resfriamento da solução nutritiva do canal de retorno foram construídos com o uso de um exaustor de alimentação direta 220v acoplado a tampa para forçar o fluxo de ar de dentro para fora, pelas aberturas do reservatório (Figuras 1, 2, 3 e 4).

**Figura 1.** Componentes da tampa dos mecanismos Sistema 1 (S1) e Sistema 2 (S2)



Foto: Anilton de Souza Neto (2019).

**Figura 2.** Mecanismo S1, no estágio cascata, sem a corrente de PVC



Foto: Anilton de Souza Neto (2019).

**Figura 3.** Mecanismo S2, no estágio cascata, com a corrente de PVC (formada por elos longos, com 4,0 cm de comprimento)



Foto: Anilton de Souza Neto (2019).

#### **4.4. Solução nutritiva da hidroponia**

A solução foi distribuída de maneira uniforme com o auxílio da eletrobomba acoplado na parte inferior para forçar o recalque da solução nutritiva para um chuveiro de 15cm de diâmetro no topo do reservatório.

A solução nutritiva utilizada contendo macronutrientes e micronutrientes, respectivamente, para formular a solução foi: Hidrogood fert-12 kg /10l d'água, N-10; P-9; K-28; Mg-3,3; S-4,3; B-0,06; Cu-0,01; Mo-0,07; Mn-0,05; Zn-0,02 (% Hidrogood Fert nacional); Nitrato de cálcio -1kg/10 L d'água; ferro - EDDHA 6% 50g misturado na solução do hidrogood fert, ácido fosfórico 85%, hidróxido de sódio 98%.

A solução nutritiva foi monitorada uma vez por dia durante todo o período do experimento, sendo assim, corrigida a fim de manter as condições de pH (6,0) e condutividade (1,5 mS\cm-1) adequadas para o cultivo de alface. Para correção do pH foi utilizado hidróxido de sódio, e a condutividade, com a adição de água ou de nutrientes de acordo com leitura obtida com um phmetro - Medidor de pH de Bolso 0 a 14 pH - eletrodo substituível da marca Akso modelo, Ak90 com visor LCD, indicação dupla (pH e temperatura) e compensação automática de temperatura (ATC). A calibração automática apresentava até 3 pontos e um medidor de condutividade digital – condutímetro - medidor Ec Conductivity: 0 - 9990 us/cm, indicação e compensação automática de temperatura (de 0°C a 100°C).

#### **4.5. Produção de mudas de alface**

A produção das mudas das cultivares de alface foi realizada com a semeadura de uma semente por célula da espuma fenólica de 15x23 células, a fim de garantir o número de plantas viáveis, sem deformação ou falha na germinação, sendo irrigadas com água sempre que necessário. As sementes permaneceram nesse sistema – berçário – até cinco dias após a semeadura. Após esse período já apresentavam o primeiro par de folhas definitivas e foram levadas para as bancadas berçário, onde atingiram o tamanho ideal após 21 dias da semeadura, sendo adubadas com a solução nutritiva usada no experimento a uma Ce. de 1500 $\mu$ .

Após esse período foram transplantadas para o local definitivo de crescimento, onde permaneceram até 39 dias, em canos com furos distantes entre si de 30,0 cm.

**Figura 4.** Bancadas com plantas, apresentando Sistemas S1 e S2



Foto: Anilton de Souza Neto (2019).

#### **4.6. Avaliação dos sistemas de resfriamento da solução nutritiva hidropônica**

Variáveis analisadas na casa de vegetação: ao longo do período de produção das plantas – local definitivo – foram coletadas e anotadas as seguintes variáveis:

- **Temperatura do ambiente de cultivo:** em termômetro de leitura de máxima e mínima, colocado a 0,5 m, sobre as plantas e também um termômetro de mercúrio, usado em ambiente doméstico, também foi usado para esse fim. A temperatura no momento das avaliações diárias também foi registrada, tanto para o termômetro de máxima e mínima como para o de uso doméstico, assim como a temperatura na solução em quatro pontos do sistema. Esses pontos foram definidos como locais de avaliação da temperatura, pH e condutividade elétrica, pois representam locais de passagem da solução nutritiva considerando do momento em que está estática, no reservatório, até a volta a esse ponto, após ter percorrido o local de cultivo das plantas (calhas dos perfis).
- **pH** – do pHmetro foram anotados os valores em três pontos do sistema.
- **Condutividade elétrica** – também foi anotada em três pontos do sistema.

Esses pontos foram assim definidos:

Cascata - é a solução em movimento que cai do chuveiro. Tempo aproximado: 15 minutos ligado.

- **Retorno** - volume da solução formado, que percorreu todo o canal de cultivo e despejado, no reservatório. Tempo aproximado: De 5 a 7 minutos para começar a despejar a solução de volta no reservatório.
- **Reserva** - volume de solução retida no interior do reservatório.
- **Volume estático** - volume total da solução em repouso após o ciclo de irrigação.
- **Tempo estimado** - demora cerca de 7 minutos e meio para se restabelecer o volume total de 100 litros no reservatório.

#### 4.7. Avaliação das cultivares de alface

Aos 51 dias após o transplante, realizou-se a colheita na parcela útil (10 plantas por repetição), de cada cultivar, através da retirada das plantas, com o mínimo de danos ao sistema radicular. Estas foram acondicionadas em embalagens plásticas, e colocadas em uma caixa de isopor com o fundo forrado de gelo para reduzir o metabolismo das plantas e diminuir o estresse provocado pela colheita e transporte. Em seguida foram levadas ao laboratório na Embrapa, para as seguintes avaliações.

- **Biomassa fresca total** – peso da planta inteira;
- **Biomassa fresca comercial** – peso da planta, retirando-se as folhas sem condições de comercialização;
- **Altura da planta**, em cm, sendo usada uma régua graduada em cm;
- **Diâmetro da cabeça**, em cm, usado um paquímetro de madeira;
- **Número de folhas** – retiradas todas as folhas do caule e em seguida contadas;
- **Comprimento do caule** – após retiradas das folhas, foi feita a medida do caule, em;
- **Diâmetro do caule** – em cm, uso de paquímetro, sendo feita a medição na região mediana do caule;
- **Biomassa seca (em g) total**, das folhas, do caule e da raiz – após separação de cada parte da planta, essas foram para estufa a 65° C, sendo pesadas até obtenção

do peso constante. A biomassa seca total foi obtida pelo somatório da biomassa seca das folhas, caules e raízes;

- **Biomassa fresca descartada** – correspondeu à diferença entre a biomassa fresca total diminuída da biomassa fresca comercial.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizado em esquema fatorial 2x3, sendo dois sistemas de resfriamento (um com e outro sem corrente de PVC, na cascata) e três variedades de alface (BRS Leila, BRS Lélia; BRS Mediterrânea), com quatro repetições de 10 plantas em cada repetição.

Após essas determinações de variáveis agronômicas, foram separadas ainda mais 40 plantas de alface de cada variedade, ensacadas em ambiente úmido e conduzidas até o Laboratório de Pós-colheita da Universidade Federal do Amazonas, para as seguintes determinações: vida útil (aparência externa das folhas); teor relativo de água; índice relativo de clorofila; perda de massa fresca acumulada (PMA); extravasamento de eletrólitos; sólidos solúveis; acidez titulável; relação SS/AT e pH. Essas determinações estão descritas a seguir.

#### a) Vida útil

Realizou-se a avaliação da aparência das folhas (temperatura do ambiente de laboratório a 27 °C e umidade relativa de 65,0 %), diariamente, seguindo uma escala de notas variando de 5 a 1, conforme a Tabela 1. As alfaces que atingiram nota 2 foram descartadas, por serem considerados impróprios para comercialização.

**Tabela 1.** Escala visual para avaliação de aparência externa das folhas de alface

Nota	Aparência externa
5	Fresco e sem qualquer escurecimento ou corte na superfície
4	Menor escurecimento ou corte na superfície
3	Apenas aceitável para os consumidores
2	Grave escurecimento
1	Escurecimento muito grave

Fonte: Wills et al. (2002).

#### b) Teor relativo de água (TRA)

Utilizou-se a metodologia descrita por Alvares et al. (2007) com modificações. Cilindros (1,0 cm de diâmetro por 1,0 cm de comprimento) retirados da folha foram lavados em água destilada e secados superficialmente com papel absorvente. Em seguida, imediatamente pesadas para obtenção da massa fresca (Pf).

Posteriormente, foram colocadas para hidratar e pesados a cada 30 min até peso constante, obtendo-se massa túrgida (Pt). Para obtenção do peso da massa seca (Ps) as amostras foram colocadas em estufa de ventilação forçada de ar à 75 °C por 48 h. O TRA foi calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{PMA (\%)} = [(P_f - P_s) / (P_t - P_s)] * 100$$

### **c) Índice relativo de clorofila**

Determinou-se mediante três leituras com clorofilômetro (modelo Minolta SPAD-502), na parte mediana das folhas intermediárias das plantas de alface, em três folhas por parcela.

### **d) Perda de massa fresca acumulada (PMA)**

Realizou-se a determinação da massa dos frutos diariamente até o fim da vida-útil. Posteriormente, calculou-se a perda de massa fresca acumulada (PMA) de acordo com a fórmula abaixo:

$$\text{PMA (\%)} = [(\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) / \text{Peso inicial}] * 100$$

### **e) Extravasamento de eletrólitos**

Realizada de acordo com a metodologia descrita por Sousa et al. (2017), com modificações. Cilindros (1,0 cm de diâmetro por 1,0 cm de comprimento) retirados da folha foram lavados em água destilada e secados superficialmente com papel absorvente. Depois, foram incubados em frascos, com tampa, contendo 20 mL de água destilada, e deixados em repouso por 6 h. Após repouso, mediu-se a condutividade elétrica inicial da solução (CEi), com o auxílio de um condutivímetro (Digimed, Modelo DM – 3P). Em seguida, as amostras foram colocadas em estufa a 90 °C por 2 h. Após esse período, os frascos foram deixados na bancada até a solução entrar em equilíbrio com a temperatura ambiente (27 ± 1 °C). Mediu-se novamente a condutividade elétrica, expressando o total de eletrólitos extravasados (CEf). O extravasamento de eletrólitos (EE) foi calculado pela fórmula abaixo, e os resultados expressos em porcentagem da condutividade total.

$$\text{EE (\%)} = (\text{CEi} / \text{CEf}) * 100$$

#### **f) Sólidos solúveis**

O teor de sólidos solúveis (SS) da polpa foi realizado com auxílio de um refratômetro digital (Instrutherm Brasil®, RTDS-28) com compensação automática de temperatura. Os resultados foram expressos em porcentagem, de acordo com a metodologia recomendada pela AOAC (2005).

#### **g) Acidez titulável**

A acidez titulável (AT) foi determinada por titulação com NaOH 0,1 N, previamente padronizado, até a coloração róseo claro. O titulado foi composto por 1 g de polpa, 50 mL de água destilada e 2 gotas de fenolftaleína alcoólica a 1%. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico (AOAC, 2005).

#### **h) Relação SS/AT**

Foi determinada pela razão do teor de sólidos solúveis e acidez titulável.

#### **i) pH**

O pH foi medido diretamente na polpa, com auxílio de um potenciômetro digital com ajuste automático de temperatura, devidamente padronizado com soluções tampões pH 7,0 e 4,0, conforme metodologia recomendada pela AOAC (2005).

### **4.8. Análise estatística**

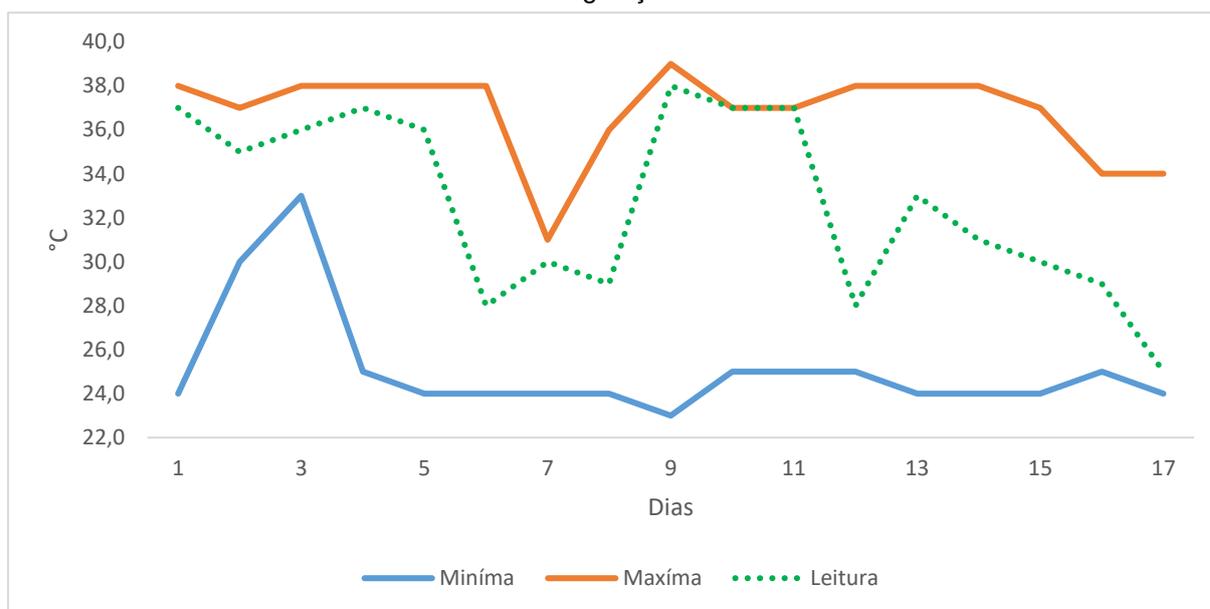
A análise estatística foi realizada considerando os dados oriundos da avaliação agrônômica e da avaliação de qualidade pós-colheita. Para a avaliação agrônômica, os dados foram submetidos à análise de variância em parcela subdividida. Os resultados significativos foram submetidos ao teste de Tukey considerando a probabilidade de 5%. O software utilizado para análise foi o R (R Core Team). Os resultados de interação foram dispostos em tabelas de dupla entrada considerando dois sistemas de cultivo e três cultivares. Os resultados que se apresentaram significativos, porém não havendo interação, foram dispostos em gráficos de colunas e a diferenciação estatística entre as médias foi representada por meio de letras na parte superior das colunas. Para as avaliações de qualidade pós-colheita utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 10 repetições para análise vida útil, perda de massa acumulada, sendo as avaliações realizadas diariamente até o descarte dos frutos. Para as demais avaliações pós-colheita utilizou-se o DIC com 5 repetições. Os dados coletados na avaliação da vida útil foram submetidos à análise

de sobrevivência, com a aplicação do teste Kaplan-Meier por LogRank, utilizando-se software livre R (R Core Team). E, para as demais avaliações de qualidade pós-colheita realizou-se à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Registrou-se, acima dos canais de cultivo, temperatura diária máxima e mínima de 39 e 23 °C, respectivamente. A maior temperatura verificada no momento da coleta dos dados foi de 38 °C (Figura 5).

**Figura 5.** Temperaturas mínima, máxima e no momento das avaliações no interior da casa de vegetação



Organização: Anilton de Souza Neto (2019).

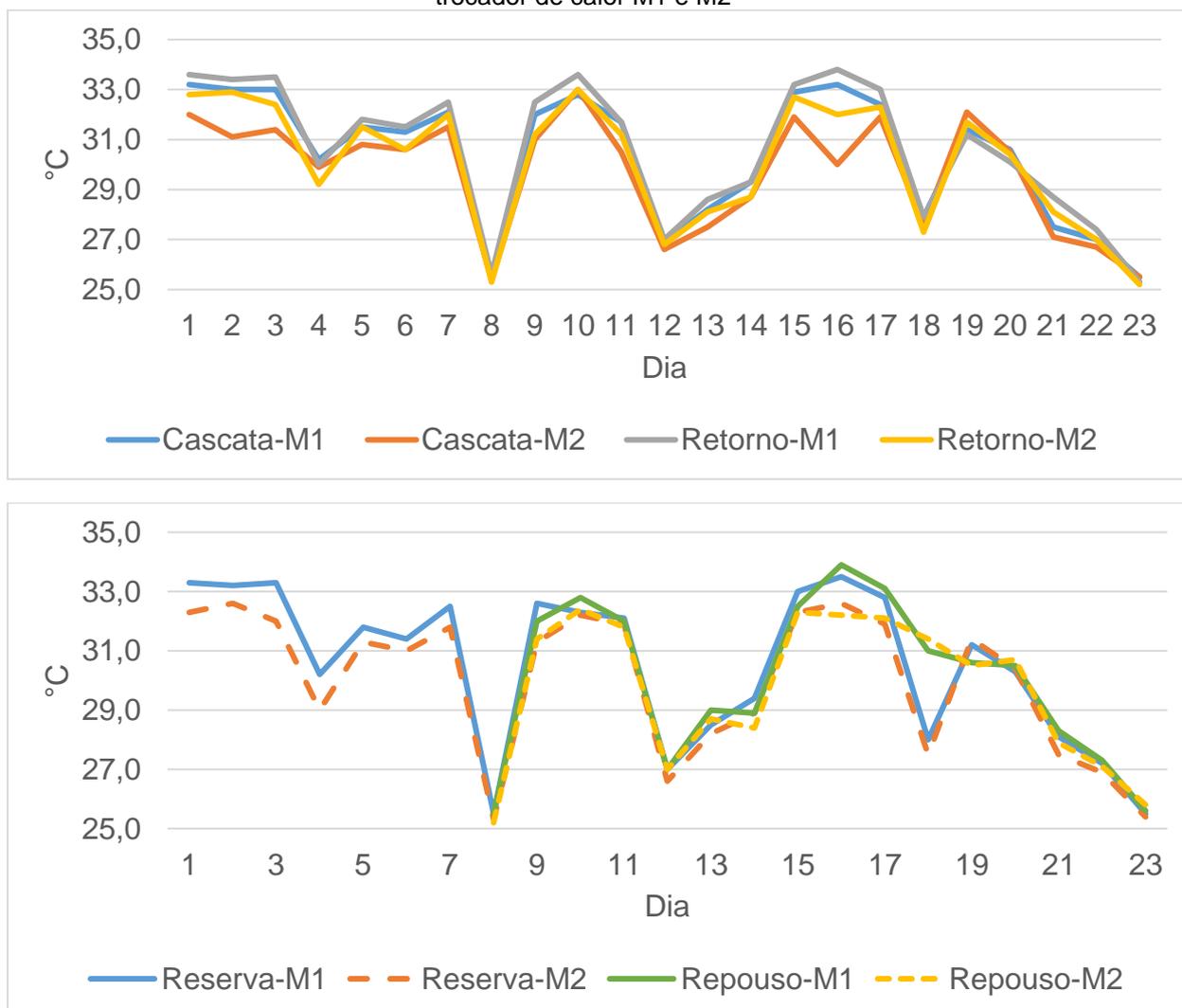
A temperatura mínima observada ocorreu devido coincidir com períodos de alta nebulosidade causada por chuva. Vale registrar que esse experimento foi realizado ainda nos meses de período chuvoso (fevereiro até março), ocasião em que há predominância de chuvas e alta nebulosidade na Amazônia.

Considerando que essas temperaturas ambientais estão fora daquelas recomendadas para o cultivo da espécie (SILVA et al., 2011), embora existam já variedades ‘tropicalizadas’, ainda assim se configuram como um ambiente não desejável para a cultura. Temperaturas nessas faixas, principalmente para as máximas, proporcionam à planta uma transpiração elevada, pois a velocidade de perda de água é maior do que a da absorção de água e de nutrientes, ou seja, não ocorre de forma simultânea, o que pode afetar o acúmulo de matéria seca pela planta (FIGUEIREDO et al., 2004).

Na Cascata M1 observou-se temperatura máxima de 33,2 °C e mínima de 25,5 °C. Já na Cascata M2 as temperaturas máximas e mínimas foram de 33 e 25 °C, respectivamente. No Repouso M1 observou-se temperatura máxima de 38,8 °C e

mínima de 25, °C, enquanto no Repouso M2 as temperaturas máximas e mínimas foram de 33 e 25,2 °C, respectivamente (Figura 6).

**Figura 6.** Temperaturas da solução nutritiva nos pontos de coleta, no interior dos mecanismos trocador de calor M1 e M2



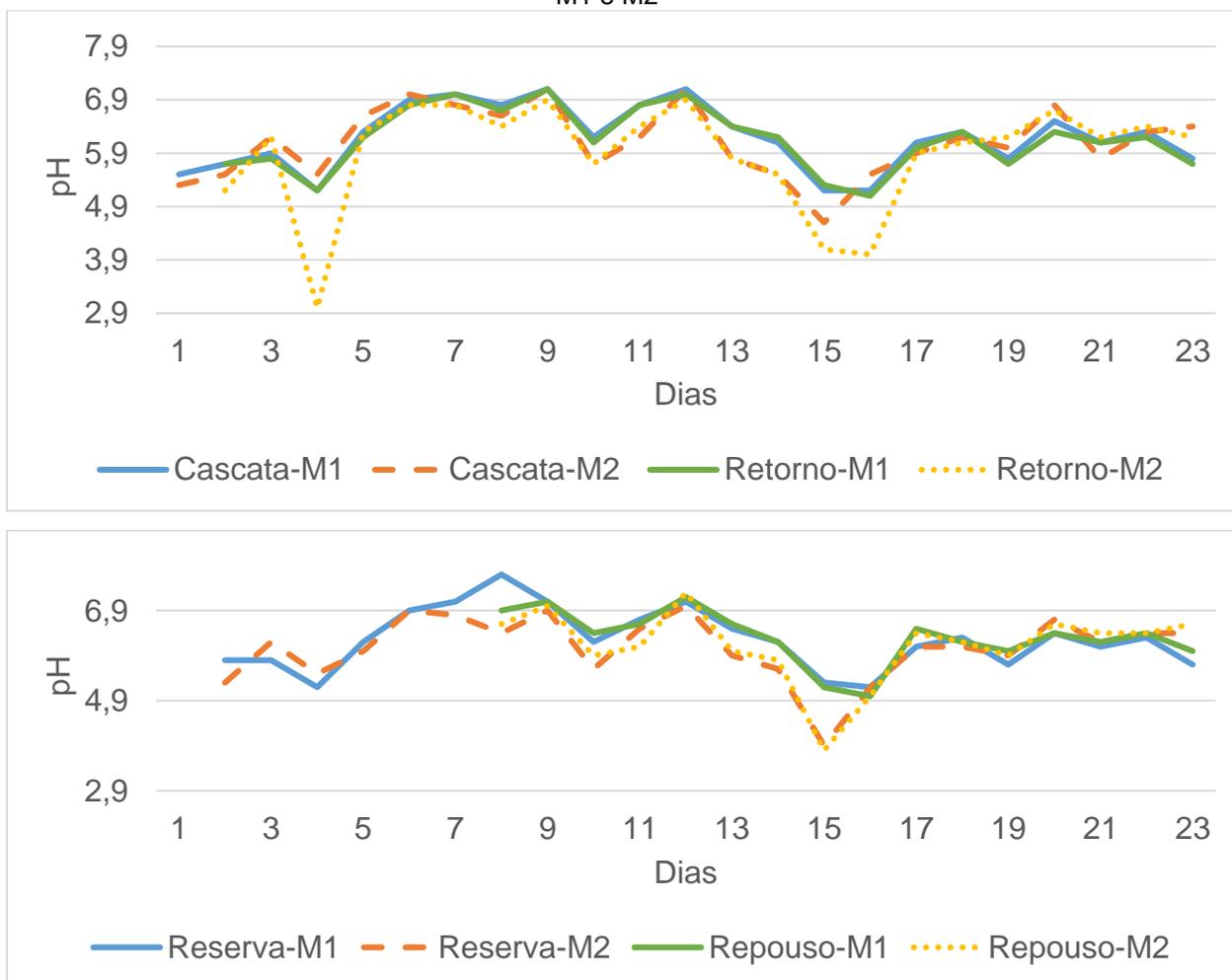
Organização: Anilton de Souza Neto (2019).

O mecanismo com a corrente PVC adicionado à cascata do M2, permitiu um ganho de 0,2 °C na redução de temperatura da solução nutritiva hidropônica no ponto de cascata, e de 0,8 °C no ponto de retorno.

A redução na temperatura da solução do M2, durante seu intervalo de funcionamento ocorreu devido ao aumento da superfície de contato, expondo uma fina e longa camada da solução nutritiva ao processo de convecção forçada durante o turno de rega.

O pH da solução do M2 apresentou maior estabilidade ao longo do experimento, com máxima e mínima de 7,3 e 3,0, respectivamente (Figura 7).

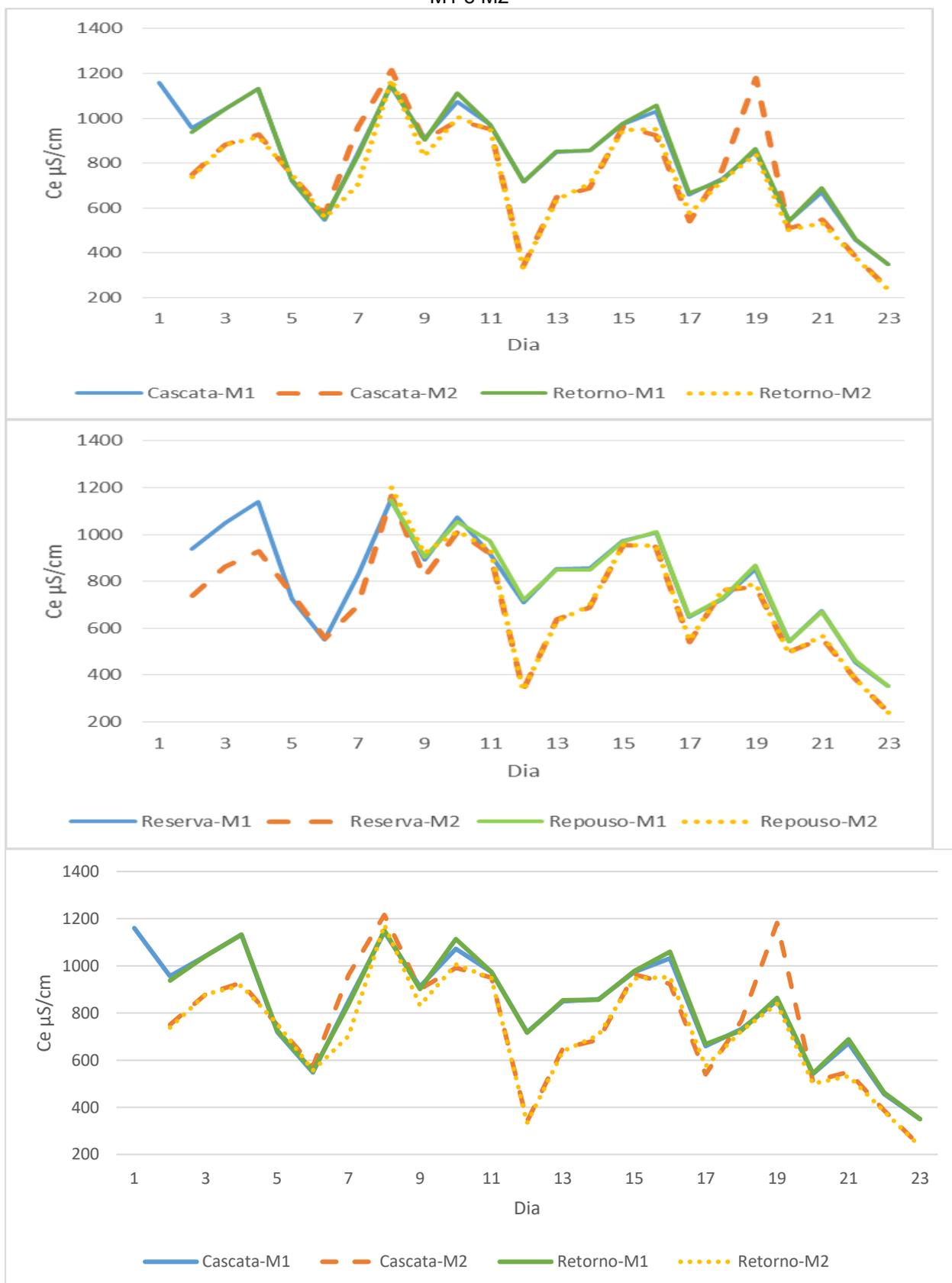
**Figura 7.** pH da solução nutritiva nos pontos de coleta, no interior dos mecanismos trocador de calor M1 e M2

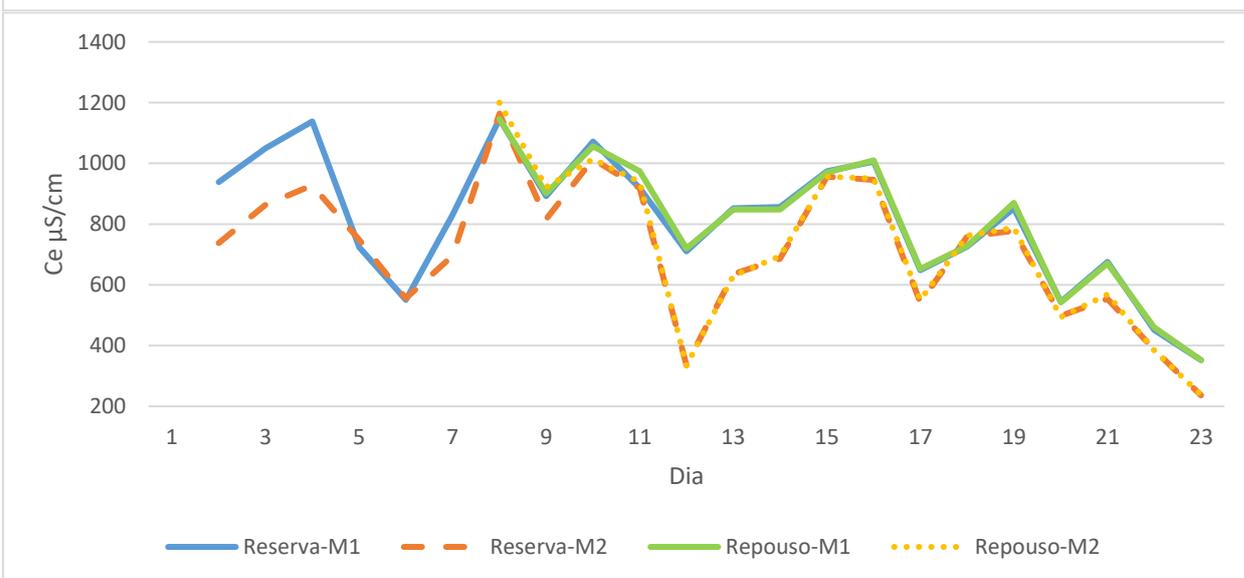
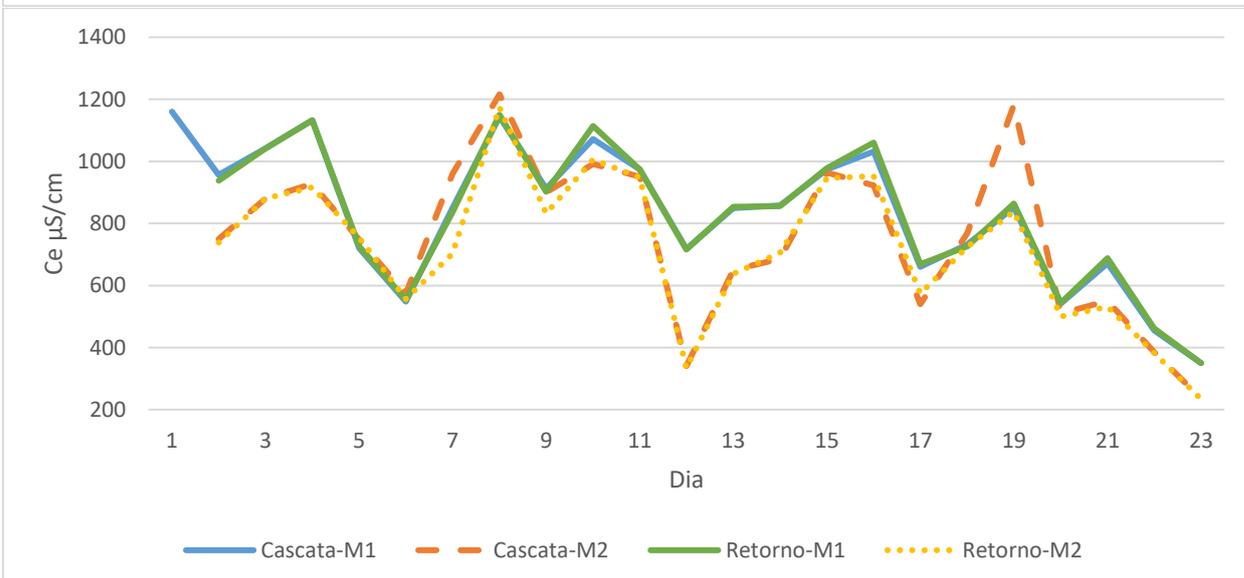
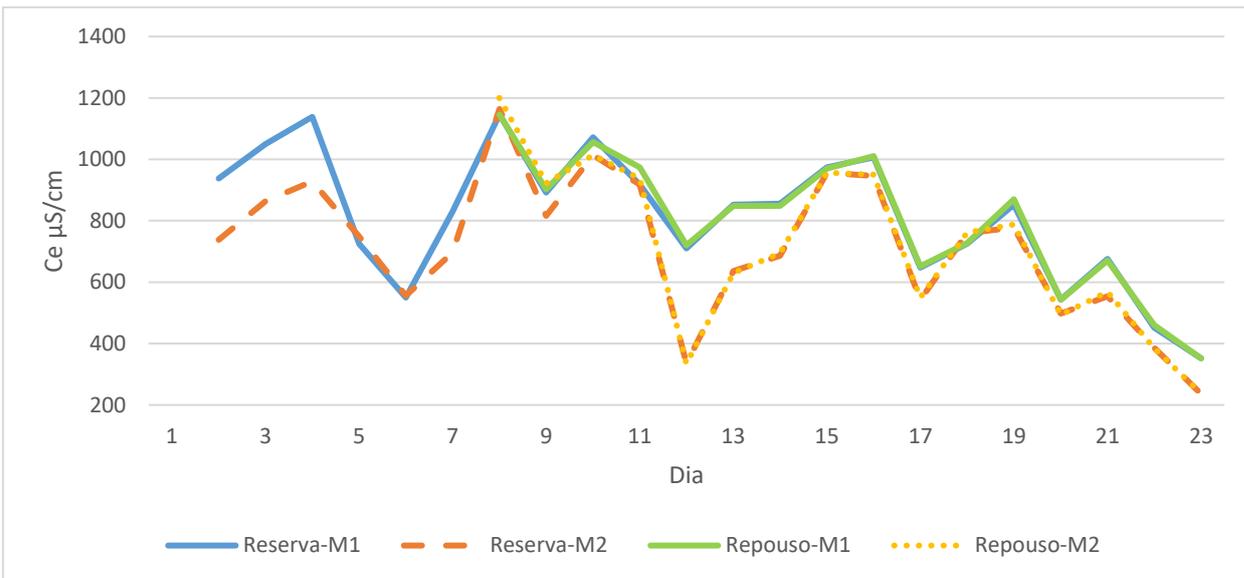


Organização: Anilton de Souza Neto (2019).

De forma geral, a condutividade elétrica independente do estágio dos pontos de coleta de dados mostrou-se mais equilibrada no Sistema 2 (Figura 8). A variação acentuada na condutividade elétrica da solução nutritiva hidropônica do Sistema 1 (Figura 8), pode indicar que houve um maior consumo de água devido a transpiração, mas não necessariamente indica um maior crescimento na produção de biomassa, pois a velocidade com que a planta absorve e perde água, não indica acúmulo de nutrientes para formação de biomassa, pois mesmo as avaliações tendo sido realizadas nos horários mais quentes do dia, a planta de alface em nenhum momento apresentou ponto de murchamento.

**Figura 8.** CE da solução nutritiva nos pontos de coleta, no interior dos mecanismos trocador de calor M1 e M2





Organização: Anilton de Souza Neto (2019).

Para Sanchez (2007), não houve efeito significativo para a interação, cultivares e ambientes (convencional e climatizado, ambos em hidroponia – NFT), mostrando que as cultivares comportaram-se de forma semelhante nos dois ambientes, em Ribeirão Preto, SP. Mas o autor verificou que na casa de vegetação convencional, houve um maior consumo de água pelas plantas de alface em relação à climatizada, provavelmente devido às maiores temperaturas e à menor umidade relativa do ar.

A Tabela 2 contém o resumo da análise de variância para os dois fatores (Mecanismos de redução de temperatura e Cultivares de alface), para as variáveis físicas. Observa-se que houve interação significativa para altura da planta, diâmetro da cabeça, comprimento e diâmetro do caule. Para número de folhas somente para o fator Mecanismos, houve diferença significativa. A Tabela 3 apresenta as variáveis de produção de biomassa, onde não houve interação significativa para nenhuma das variáveis considerando os dois fatores já mencionados. Mas a biomassa seca total e a biomassa seca de raízes foram significativas para o fator Mecanismos. Para Cultivares houve diferença significativa somente para a biomassa descartada (não comercializada).

**Tabela 2.** Resumo da Análise de Variância de biomassa fresca total (BFT), biomassa fresca comercial (BFC), altura (Alt), diâmetro da cabeça (DCA), número de folhas (NF), comprimento do caule (CC) e diâmetro do caule (DC) de quatro cultivares de alface cultivadas em sistema hidropônico com dois mecanismos de resfriamento da solução nutritiva

FV	Quadrado Médio						
	BFT	BFC	Alt	DCA	NF	CC	DC
Mecanismos	246,00 <sup>n</sup>	197,90 <sup>n</sup>	1228,6	17,52 <sup>*</sup>	835,2 <sup>*</sup>	3028,3	3,32 <sup>ns</sup>
Bloco	5619,4 <sup>n</sup>	11357,1 <sup>n</sup>	45,92 <sup>ns</sup>	177,0	2 <sup>*</sup>	0 <sup>*</sup>	0,77 <sup>ns</sup>
Resíduo 1	0 <sup>s</sup>	0 <sup>s</sup>	8,98	3 <sup>ns</sup>	57,93 <sup>ns</sup>	84,74 <sup>s</sup>	0,16
Cultivares	3604,9	1411,60	72,40 <sup>ns</sup>	117,5	14,74	36,20	0,61 <sup>*</sup>
Cultivares x Mecanismos	1204,7 <sup>n</sup>	3667,20 <sup>s</sup>	18,55 <sup>*</sup>	22,91 <sup>ns</sup>	41,02 <sup>ns</sup>	9,82 <sup>s</sup>	0,66 <sup>*</sup>
Resíduo 2	0 <sup>s</sup>	1918,20 <sup>s</sup>	8,29	78,45 <sup>*</sup>	11,52 <sup>ns</sup>	25,54 <sup>*</sup>	0,13
CV 1 (%)	1850,8	1418,60	11,18	9,02	28,91	6,51	21,4
CV 2 (%)	0	26,25	10,74	15,08	15,59	50,17	1
	36,40	26,32	10,74	15,08	21,84	21,27	19,4
	26,08	26,32	10,74	15,08	21,84	21,27	2

(\*\* ) significativo ao nível de 1%, (\*) significativo ao nível de 5%, (<sup>ns</sup>) não significativo.

Organização: Anilton de Souza Neto (2019).

Não houve diferença estatística para produção de biomassa fresca total oriunda das cultivares de alface nos dois sistemas redutores de temperatura, tanto isoladamente como na interação entre eles (Figura 9 e 10). Embora tenha havido essa

resposta sem expressão numérica significativa, as plantas cultivadas no Sistema 2 apresentaram maior biomassa fresca total, com a cultivar Mediterrânea sendo superior numericamente as demais (Figura 10).

Não houve diferença estatística para a massa fresca descartada em relação as plantas das cultivares provenientes dos sistemas de cultivo com os mecanismos redutores de temperatura (Figuras 9 e 10), embora no M1 a perda foi maior, ou seja, houve a necessidade de retirada de maior número de folhas consideradas como impróprias para comercialização. Já a cultivar Lélia foi a que mais contribui nessa variável, mostrando diferença estatística em relação as outras duas cultivares. As temperaturas foram maiores, no geral, no M1, o que pode ter assim contribuído para esse aumento na biomassa indesejável. A retirada de folhas externas, impróprias à comercialização e consumo é uma pratica recomendada, pois a presença destas no transporte acarreta ambiente propício à proliferação de microrganismos e também contribui para um aspecto pouco desejável ao consumidor no momento da aquisição da planta.

Essa contribuição na maior perda de material não comercializado interfere diretamente no componente agrônômico biomassa fresca comercial que embora não tenha sido significativo estatisticamente, apresentou maior produção onde tinha a presença do M2 e na cultivar Mediterrânea. Mais uma vez a temperatura mais baixa associada aos melhores níveis de pH e condutividade elétrica parecem proporcionar uma maior contribuição para a formação da planta de alface produzida no sistema que tem o M2.

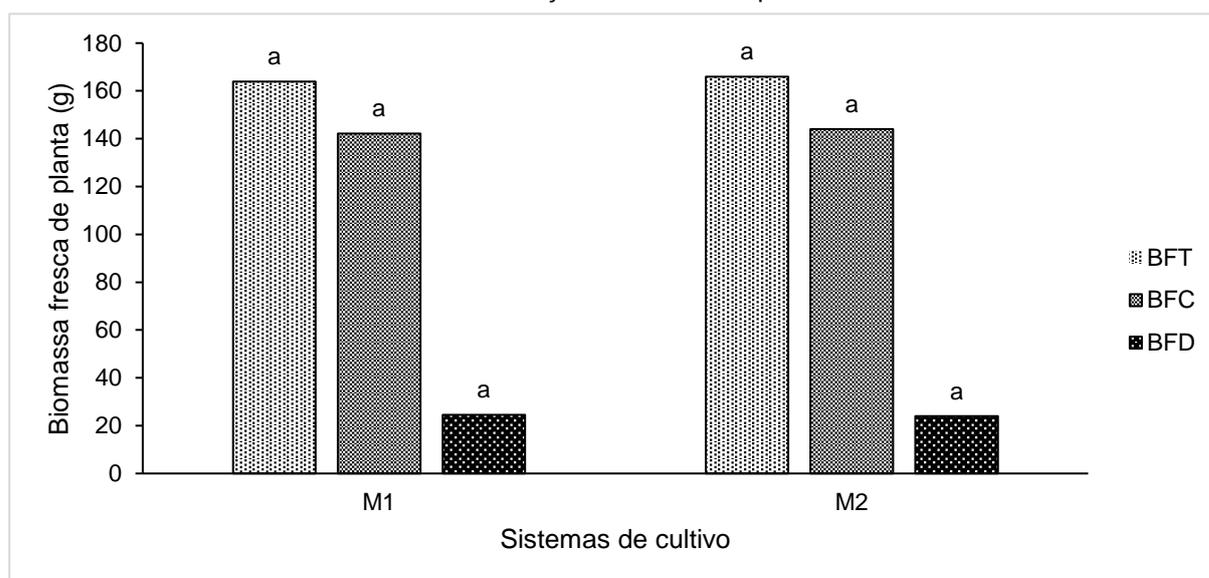
**Tabela 3.** Resumo da Análise de Variância de biomassa seca total (BST), biomassa seca de folhas (BSF), biomassa seca de caule (BSC), biomassa seca de raiz (BSR) e biomassa fresca descartada (BFD) de quatro cultivares de alface cultivadas em sistema hidropônico com dois mecanismos de resfriamento da solução nutritiva

FV	Quadrado Médio				
	BST	BSF	BSC	BSR	BFD
Mecanismos	102,77 **	63,35 ns	0,03 ns	3,65 **	0,82 ns
Bloco	8,21 ns	7,85 ns	0,61 ns	0,14 ns	1643,00 *
Resíduo 1	2,35	1,30	0,01	0,07	79,48
Cultivares	3,76 ns	2,13 ns	0,26 ns	0,01 ns	661,54 **
Cultivares x Mecanismos	3,10 ns	1,50 ns	0,22 ns	0,02 ns	35,51 ns
Resíduo 2	4,32	2,47	0,12	0,05	20,81
CV 1 (%)	21,14	20,52	11,60	47,09	69,76
CV 2 (%)	28,64	28,22	45,28	41,43	35,69

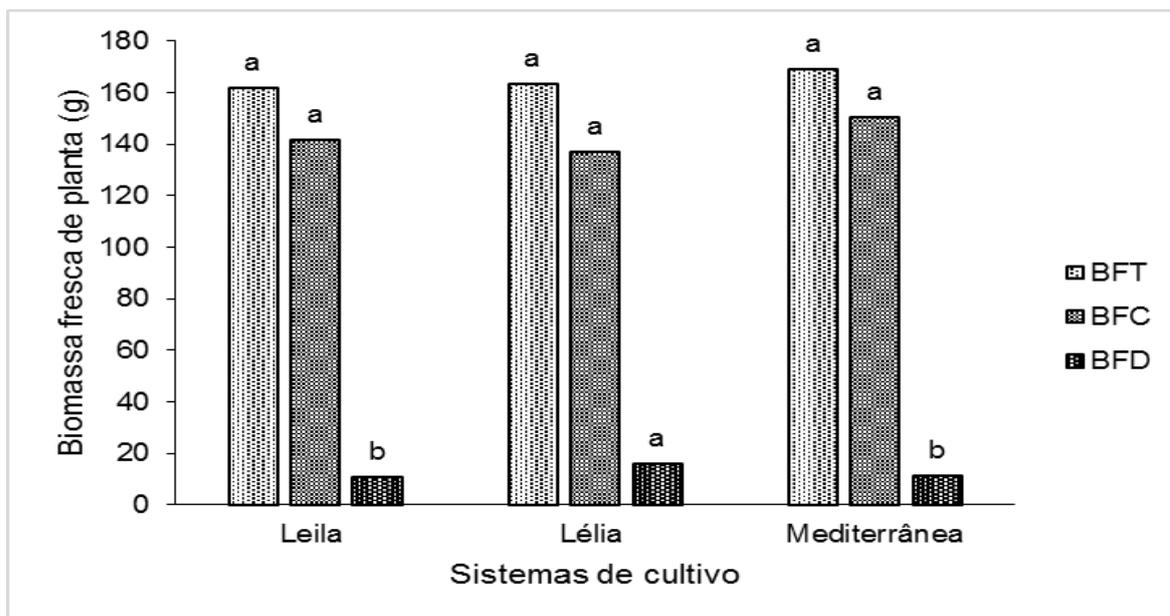
(\*\*) significativo ao nível de 1%, (\*) significativo ao nível de 5%, (ns) não significativo.

Organização: Anilton de Souza Neto (2019).

**Figura 9.** Biomassa fresca total de plantas de cultivares de alface em função de mecanismos redutores da solução nutritiva hidropônica



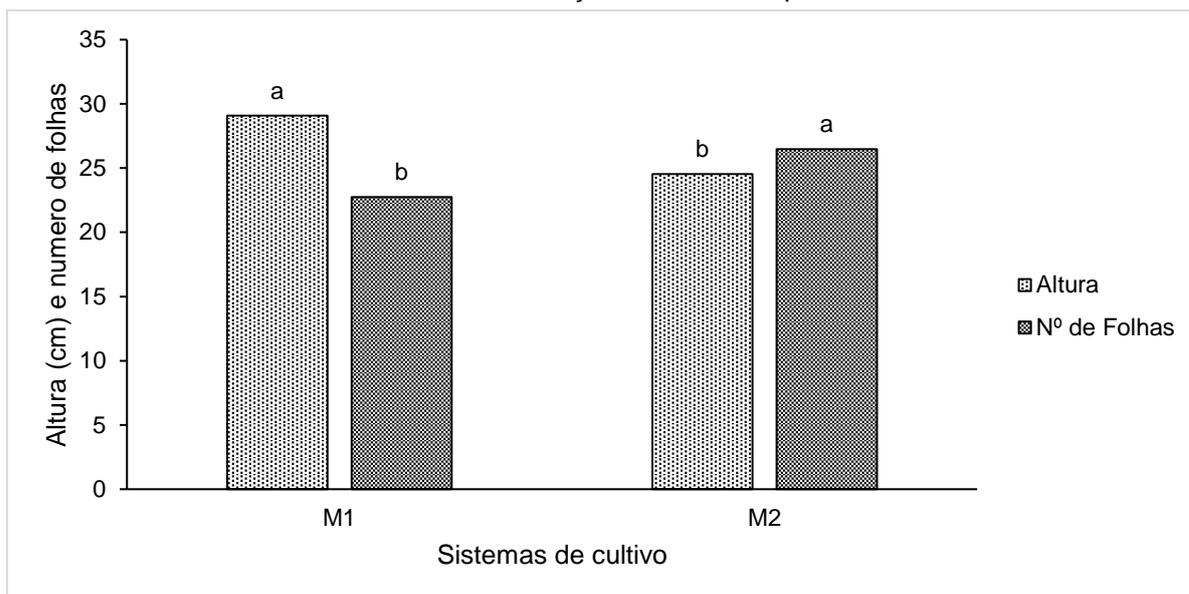
Organização: Anilton de Souza Neto (2019).

**Figura 10.** Biomassa fresca total de plantas de cultivares de alface

Organização: Anilton de Souza Neto (2019).

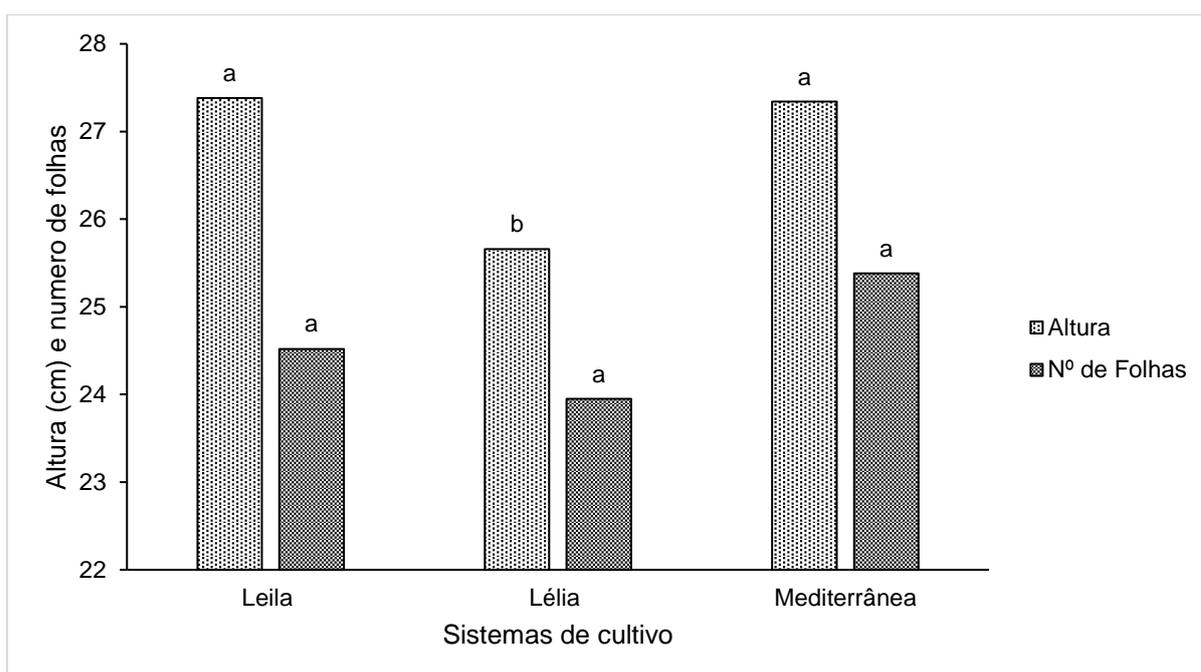
Para a altura de planta, houve diferença significativa para sistemas e cultivares (Figuras 11 e 12), mas não para a interação desses fatores. A maior altura de planta foi verificada no sistema com M1, alcançando o valor de 29,0 cm/planta, enquanto no outro mecanismo o valor foi em torno de 24,0 cm. As cultivares Lélia e Mediterrânea foram as que apresentaram maiores valores, sendo significativos em relação à terceira cultivar. Sendo a altura da planta entendida como a disposição das folhas ao longo do caule, por um lado é interessante que isso ocorra, pois mostra o potencial desse caule em suportar mais folhas, mas ao observar o número de folhas (Figuras 11 e 12), verifica-se que os valores desejáveis estão no M2 e na cultivar Mediterrânea, embora não tenha apresentado diferença para as demais cultivares, produziu quase duas folhas a mais em relação à cultivar Lélia (com o menor número de folhas).

**Figura 11.** Altura e número de folhas de plantas de cultivares de alface em função de mecanismos redutores da solução nutritiva hidropônica



Organização: Anilton de Souza Neto (2019).

**Figura 12.** Altura e número de folhas de plantas de cultivares de alface



Organização: Anilton de Souza Neto (2019).

Observou-se interação entre os mecanismos de redução de temperatura da solução de cultivo e as variedades de alface para as características de diâmetro da cabeça, diâmetro médio do caule e comprimento do caule (Tabela 4). Nos dois sistemas, não houve diferença significativa para o diâmetro da cabeça das plantas de alface, mas no mecanismo M1 o maior diâmetro foi observado na cultivar Lélia, enquanto a cultivar Mediterrânea superou significativamente as demais no S2. O

maior diâmetro da cabeça ocorreu, possivelmente, devido o maior tamanho das folhas da variedade em destaque (Mediterrânea), isso pode ter influenciado no aumento do volume das cabeças de alface.

Esta característica é uma das mais importantes para o consumidor no momento de aquisição da alface, que é comercializada fresca e por unidade (IZIDÓRIO et al., 2015).

Para o comprimento do caule das plantas de alface, o M1 apresentou praticamente o dobro dos valores para o M2. Considerando que quanto maior os valores para esse componente da planta, num primeiro momento pode se configurar como vantajoso, mas o fato de ter havido investimento na produção de fotoassimilados e conseqüentemente translocação para esse órgão, isso pode não representar vantagem, pois o menor número de folhas foi exatamente nas variedades cultivadas no M1. A temperatura mais elevada da solução nutritiva, o maior desbalanço do pH e a maior variação na condutividade elétrica podem ter contribuído para esse desfavorecimento no M1.

Para o diâmetro do caule, houve inversão dos valores observados, mas tal comportamento pode ser explicado devido a planta cultivada no M2 ao ter um maior número de folhas, maior produção de biomassa fresca comercial, necessitará de um caule maior, para suportar esse maior número e produção de folhas.

**Tabela 4.** Diâmetro da cabeça, comprimento do caule e diâmetro do caule de três cultivares de alface e dois sistemas hidropônicos de produção

Cultivares	Sistemas de cultivo					
	M1		M2			
	----- Diâmetro da cabeça (cm) -----					
Leila	20,66	a	A	19,97	ab	A
Lélia	19,54	ab	A	19,05	b	A
Mediterrânea	18,72	b	A	21,47	a	A
	----- Comprimento do caule (cm) -----					
Leila	14,62	b	A	8,68	a	B
Lélia	15,68	ab	A	8,41	a	B
Mediterrânea	16,43	a	A	8,23	a	B
	----- Diâmetro do caule (cm) -----					
Leila	1,78	a	B	2,04	a	A
Lélia	1,73	a	A	1,78	b	A
Mediterrânea	1,69	a	B	2,11	a	A

Medias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre cultivares, médias seguidas de letras maiúsculas iguais, não diferem entre sistemas.

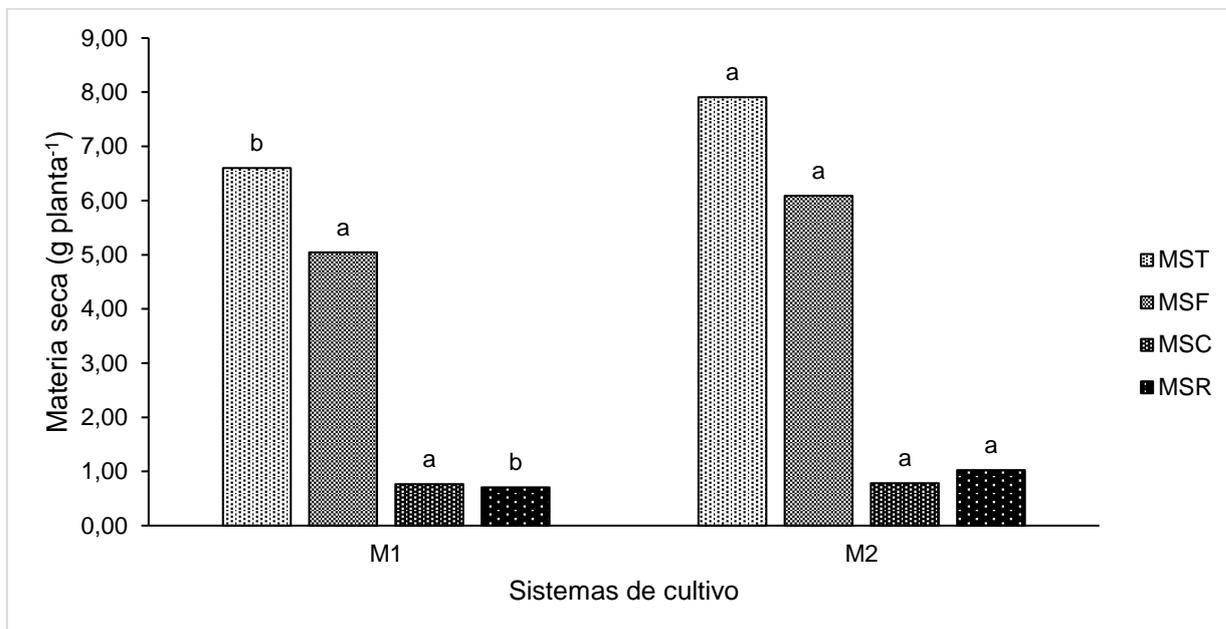
Organização: Anilton de Souza Neto (2019).

Para os componentes da planta de alface, verifica-se que a maior contribuição é proporcionada pelas folhas (Figuras 13 e 14), sendo a espécie classificada como uma folhosa, além do mais a parte comestível é representada pelas folhas e são classificadas como cultivares do grupo crespa. Em seguida os componentes que mais contribuíram foram a raiz e por último o caule. As raízes são responsáveis pela absorção dos nutrientes da solução nutritiva, portanto, esse sistema orgânico precisa ser mais eficiente, em termos de maior biomassa seca e capacidade de absorver e transportar para os caules, alcançando assim a parte aérea, onde são produzidos os fotoassimilados, que são transportados para a formação da planta como um todo.

O M1 e a cultivar Mediterrânea apresentaram maiores valores para a biomassa seca de folhas, mas não apresentaram diferença estatística entre si, nas duas condições de cultivo e entre cultivares. Houve semelhança no comportamento acima descrito também para a produção de biomassa seca de caules. Para a raiz o mesmo comportamento foi observado somente para o fator mecanismo redutor de temperatura, mas para as cultivares, Lélia foi a cultivar que apresentou maior biomassa seca desta variável. Considerando que este sistema apresentou maior temperatura no cultivo ao longo do experimento, percebe-se que esses valores maiores podem estar associados a mecanismos de defesa da planta em aumentar o seu sistema radicular na tentativa de transpirar mais, mas não necessariamente produzindo maior biomassa área, expressa em biomassa de folhas. Segundo Frantz et al. (2004), quanto maior o investimento em folha indica maior fotossíntese e maior acúmulo de massa seca total.

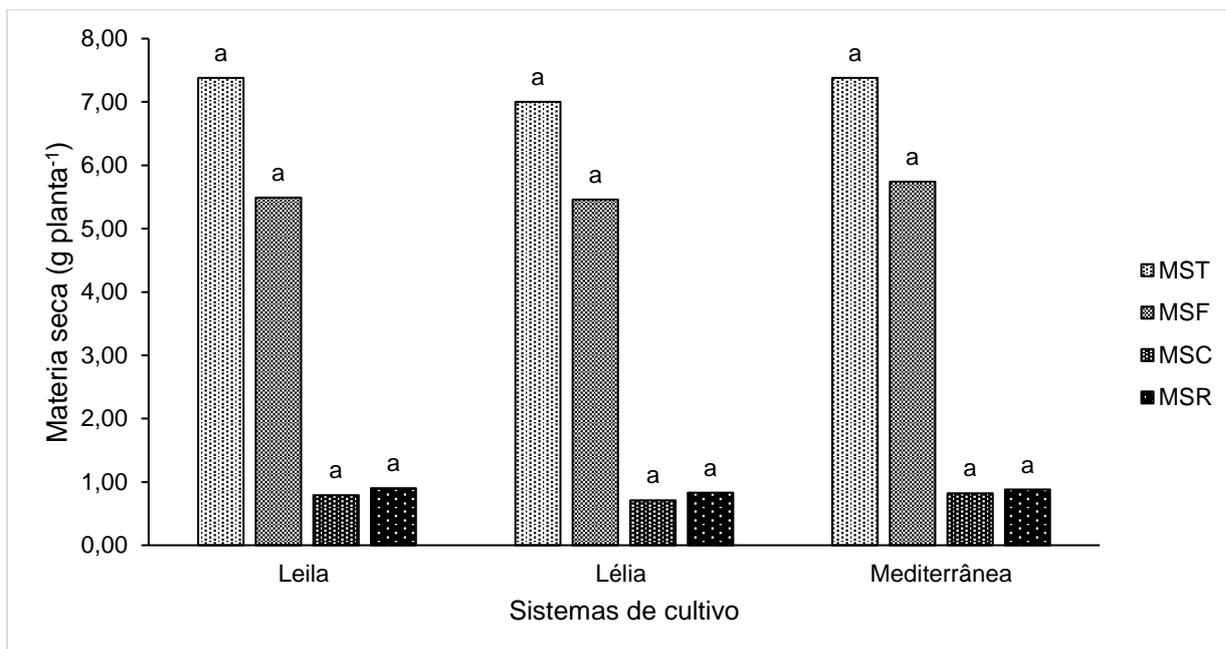
A biomassa seca total foi maior e significativa onde tinha o M2, enquanto para as cultivares, embora não havendo significância entre valores dessa variável, as cultivares Lélia e Mediterrânea praticamente apresentaram a mesma biomassa seca total. Vale ressaltar que nas variáveis anteriores de produção de biomassa, a cultivar Mediterrânea apresentou valores que a destacam, sendo portanto a cultivar de melhor desempenho agrônomico, quando cultivada no sistema que tinha o mecanismo redutor de temperatura, no caso uma corrente de PVC, no ponto de cascata, aumentando a superfície de contato da solução nutritiva hidropônica com o ar do ambiente externo.

**Figura 13.** Biomassa seca de plantas de cultivares de alface em função de mecanismos redutores da solução nutritiva hidropônica



Organização: Anilton de Souza Neto (2019).

**Figura 14.** Biomassa seca de plantas de cultivares de alface



Organização: Anilton de Souza Neto (2019).

A vida útil para todos os tratamentos foi igual (Tabela 5), com tempo médio de dois dias, período em que 50,0 % das alfaces apresentaram sintomas de senescência.

**Tabela 5.** Análise de sobrevivência de diferentes variedades de alface cultivadas em dois sistemas hidropônicos

Tratamento	Tempo (dias) Média + IC	Probabilidade**
A1	2 + (0,8 - 3,1)	Não significativo
B1	2 + (0,8 - 3,1)	Não significativo
C1	2 + (0,8 - 3,1)	Não significativo
A2	2 + (0,8 - 3,1)	Não significativo
B2	2 + (0,8 - 3,1)	Não significativo
C2	2 + (0,8 - 3,1)	Não significativo

50% dos sintomas de senescência das alfaces. IC: Intervalo de Confiança. \*\*Os tratamentos foram comparados entre si.

Organização: Anilton de Souza Neto (2019).

Na Tabela 6 estão as médias, erro padrão da média e seus respectivos comportamentos da análise estatística para as variáveis de pós-colheita das plantas das cultivares de alface nos dois sistemas redutores de temperatura da solução hidropônica. As variáveis pH, acidez total e razão sólidos solúveis/acidez total foram significativas.

Os índices de pH, AT e SS/AT diferiram ( $P \leq 0,05$ ) entre as cultivares de alface, nos diferentes sistemas produtivos, para as demais variáveis analisadas não houve diferença significativa ao teste Tukey a 0,05% de probabilidade (Tabela 6).

O valor médio encontrado para a análise de pH (Tabela 6), indicou que as folhas avaliadas apresentam pH ácido de 5,47, sendo verificado em diferentes estudos avaliando as características físico-químicas de hortaliças do tipo folha, o valor médio de 5,97 (PEREIRA et al., 2016), e 5,96 para quatro cultivares de alface avaliadas na época de inverno por (SILVA, 2014), os quais são próximos à faixa encontrada.

Para a acidez titulável, observou-se a média de 0,47%, sendo este inferior ao averiguado por Silva (2014) para os diferentes grupos (crespa, mimosa, americana e lisa) nas quatro épocas de plantio no ano variando de (1,58%, alface americana no outono), a (2,50%, alface lisa durante o inverno), e para sólidos solúveis a média verificada foi de (3,87%) sendo superior ao valor averiguado por Silva (2014), na época de inverno para os grupos, crespa (3,78%), mimosa (3,62%), americana (3,81%) e lisa (4,16%). Essas divergências entre os resultados podem ser descritas, devido às condições climáticas, quantidade de água e a escolha da cultivar utilizada (FREIRE et al., 2009).

As análises extravasamento de eletrólitos (EE) e teor relativo de água não apresentaram índice significativo ao teste de Tukey, verificando-se as médias de 82,44% e 88,93, respectivamente. O extravasamento de eletrólitos é usualmente utilizado para expressar às modificações das propriedades físicas das membranas celulares (MESSIAS, 2004). Enquanto o teor relativo de água (TRA) é uma medida que pode ser usada para a indicação de déficits de água (RODRIGUES, 1973). O valor médio verificado em literatura por (FRANÇA, 2011) em folhas de alface solta lisa “Vitória de Santo Antão”, armazenadas a 5 e 22°C com ou sem armazenamento foram de 91,87%, 88,75%, 88,21% e 86,03% respectivamente, sendo próximo ao valor médio encontrado no presente estudo.

As diferentes cultivares apresentaram ainda índice de SPAD variando de 42,33% a 21,86% para as cultivares B1 do primeiro sistema hidropônico respectivamente. Verificando-se em literatura que o valor obtido é superior ao trabalho desenvolvido por VICENTINI-POLETTI et al. (2018) em São Paulo no ano de 2015, para três diferentes cultivares (crespa, crespa crocante e Vanda), com valores médios variando entre 33,0 a 19,3 mg/g-1. O índice SPAD relaciona-se com teor de clorofila na planta ou com a intensidade do verde da folha, expressando assim o estado nutricional nitrogenado em uma fase específica do ciclo da cultura (SILVA, 2011). Podendo estas, variar entre as espécies e entre os genitores (LEE, 1988).

**Tabela 6.** Sólidos solúveis (SS, %), pH, acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT), teor relativo de água (TRA), extravasamento de eletrólitos (EE) e Soil Plant Analysis Development (SPAD), seguidos do erro padrão da média (EPM), de três cultivares de alfaces, cultivados em dois sistemas com e sem redutor de temperatura da solução hidropônica

Cultivar/Mecanismo	SS ± EPM	PH ± EPM	AT ± EPM	SS/AT ± EPM	TRA ± EPM	EE ± EPM	SPAD ± EPM
<b>BRS Leila no Mecanismo 1</b>	4,23 ± 0,03 a	5,60 ± 0,01 a	1,15 ± 0,47 ab	8,47 ± 5,85 b	75,80 ± 6,61 a	181,67 ± 99,76 a	29,96 ± 5,07 a
<b>BRS Leila no Mecanismo 2</b>	4,36 ± 0,50 a	5,43 ± 0,01 b	1,23 ± 0,56 a	10,55 ± 7,80 b	95,20 ± 9,19 a	98,53 ± 30,23 a	24,0 ± 2,42 a
<b>BRS Lélia no Mecanismo 1</b>	3,26 ± 0,23 a	5,62 ± 0,01 a	1,19 ± 0,01b	16,7 ± 2,21 ab	75,50 ± 11,98 a	38,98 ± 18,61 a	21,86 ± 0,60 a
<b>BRS Lélia no Mecanismo 2</b>	3,70 ± 0,25 a	5,36 ± 0,02 c	1,18 ± 0,006 b	19,58 ± 0,69 ab	80,91 ± 2,18 a	48,88 ± 17,65 a	24,93 ± 2,37 a
<b>BRS Mediterrânea no Mecanismo 1</b>	4,00 ± 0,41 a	5,58 ± 0,02a	1,14 ± 0,01 b	27,57 ± 0,89 a	83,51 ± 1,53 a	145,53 ± 35,78 a	25,86 ± 3,03 a
<b>BRS Mediterrânea no Mecanismo 2</b>	3,76 ± 0,47 a	5,28 ± 0,04 d	0,53 ± 0,30 ab	12,77 ±4,98 b	100,65 ± 11,51 a	86,84 ± 9,71 a	22,43 ± 2,53 a

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Organização: Anilton de Souza Neto (2019).

## 6. CONCLUSÕES

A partir da proposta deste trabalho é possível concluir que a presença de um redutor de temperatura influenciou as variáveis físicas de produção de alface cultivar BRS Mediterrânea, nas condições de Manaus. A cultivar Mediterrânea foi a que apresentou melhor rendimento agrônômico, no sistema com redução de temperatura. Para as variáveis de pós-colheita, a cultivar Mediterrânea no Sistema 1, foi a que teve melhor resposta em relação às outras. Já para pH e AT foi a Mediterrânea no Sistema 2. Neste sentido, o uso de mecanismos redutores de temperatura da solução nutritiva hidropônica, aparece como uma solução alternativa e viável conforme os dados apresentados em gráficos e tabelas. Salienta-se a importância desses estudos uma vez que, as condições climáticas de Manaus influenciam diretamente no cultivo de alfaces.

## 7. REFERÊNCIAS

- AITA, A.; LONDERO, F. A. A. Custo de produção de alface hidropônica. In: SANTOS, O. S. (Ed.) **Hidroponia da alface**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 2000. cap. 2, p. 10-24.
- ALBERONI, R. B. **Hidroponia**: como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo. São Paulo: Nobel, 1998. 102 p.
- ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria, Ed. da UFSM, 1999. 142p.
- ANDRIOLO, J.L.; LUZ, G.L.; GIRALDI, C.; GODOI, R.S.; BARROS, G.T. Cultivo hidropônico da alface empregando substratos: uma alternativa a NFT? **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.4, p.794-798, 1999.
- ÁLVARES, V. S. et al. Effect of pre-cooling on the postharvest of parsley leaves. 179 **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 5, n. 2, p. 31-34, 2007.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17th ed., 2005.
- ARAUJO, T.S. et al. Crescimento da alface-americana em função dos ambientes, épocas e graus-dias. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 1981-1160 v.5, n.4, p.441-449, 2010.
- BLIND, A. D.; SILVA FILHO, D. F. Desempenho produtivo de cultivares de alface americana na estação seca da Amazônia central. **Bioscience Journal**, v. 31, n.2, p. 404-414, 2015.
- CARMELLO, Q. A. de C. Cultivo protegido: hidroponia, manejo e instalações. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 1998, Petrolina. **Anais [...]** Petrolina: Sociedade de Olericultura do Brasil; Embrapa Semi-Árido, 1998. 43. p.
- CARMO JUNIOR, R. R. **Produção de alface (Lactuca sativa L.) em cultivo hidropônico utilizando atmosfera modificada no interior de casa de vegetação**. Campinas, SP: [s.n.], 2000.
- CARRASCO, G. et al. Development of nutrient film technique "NFT" in Chile: the use of intermittent recirculation regimes. **Acta Horticulturae**, Ontario, n. 481, p. 305-309, jan. 1999.

CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. **Cultivo sem solo**: hidroponia. Jaboticabal: FUNEP/ UNESP, 1994. 43 p.

COMETTI, N.N. **Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa* L.) em cultura hidropônica - Sistema NFT**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia. 1965, 102p.

Cuidados com a solução nutritiva para a hidroponia. **Hidrogood**, 2017. Disponível em: <<https://hidrogood.com.br/noticias/hidroponia/cuidados-com-a-solucao-nutritiva-para-a-hidroponia>>. Acesso em: 31 de out. de 2019.

DA SILVA, M.L.; VILLELA JUNIOR, L.V.E.; COLOVATTO, G.F.; SARTORI, R. A. Produção hidropônica de quatro cultivares de alface em Garça (SP). **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**. Ano 6, n. 11, p. 1-7, 2007.

DOUGLAS, J. S. **Hidroponia: cultura sem-terra**. São Paulo: Nobel, 1987. 144 p.

EGÍDIO, N. B.; LEVY, B. P. AS TÉCNICAS DE HIDROPONIA. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 8, p. 107–137, 2013. Disponível em: <https://journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/152>. Acesso em: 31 out. 2022.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/hortaliças/busca-de-noticias/-/noticia/22863732/brs-mediterranea-brs-leila-e-brs-lelia-avancos-no-programa-de-melhoramento-genetico-de-alface-da-embrapa>>. Acessado em 28 de jun. de 2019.

FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; VILELA, L.A.A. **Produção de alface em hidroponia**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1996. 50 p.

FELTRIN, A.L. et al. Produção de alface americana em solo e em hidroponia, no inverno e verão, em Jaboticabal, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.9, n.4, 2005.

FIGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3ª ed. rev. e ampl. 2014, 421p.

FIGUEIREDO, E. B.; MALHEIROS, E. B.; BRAZ, L. T. Interação genótipo x ambiente em cultivares de alface na região de Jaboticabal. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, p. 66-71, 2004.

- FONTES, P.C.R. Produção de hortaliças em ambiente protegido: uma técnica a ser aprendida. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 200/201, p. 1-2, 1999.
- FRANTZ, J.M; RITCHIE, G; COMETTI, N.N.; ROBINSON, J.; BUGBEE, B. Exploring the limits of crop productivity: beyond the limits of tip burn in lettuce. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 129, p. 331-338, 2004.
- FRANÇA, C. F; M. **Conservação e qualidade pós-colheita em duas variedades de alfaces submetidas ao hidroresfriamento**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.
- FREIRE, A. G.; OLIVEIRA, F. A.; CARRILHO, M. J. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; FREITAS, D. C. Qualidade de cultivares de alface produzida em condições salinas. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 4, p. 81-88, 2009.
- FURLANI, P. R. et al. **Cultivo hidropônico de plantas**. Boletim Técnico, 180. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1999. 52 p.
- GUALBERTO, R. **Adaptabilidade e estabilidade em cultivares de alface (Lactuca sativa L.)**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2000. 58p.
- GAMA, A.S.; LIMA, H.N.; LOPES, M.T.G.; TEIXEIRA, W.G. Caracterização do modelo de cultivo protegido em Manaus com ênfase na produção de pimentão. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 121-125, 2008.
- GAMA, A.S.; BRITO JUNIOR, F.P.; CAETANO, A.C.; LIMA, H.N.; **Principais características do cultivo protegido de hortaliças na agricultura familiar em Manaus**. Disponível em: <[http://www.abhorticultura.com.br/EventosX2/EventosX/Trabalhos/EV\\_1/A159\\_T558\\_Comp.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/EventosX2/EventosX/Trabalhos/EV_1/A159_T558_Comp.pdf)>. Acessado em 29 de jun. de 2019.
- GAMA AS; GUERRA VM. **Cultivo de hortaliças em casa de vegetação**. Manaus: Gerência de Difusão e Comunicação Rural-IDAM, 2005.
- HE, J.; LEE, S.K. Growth and photosynthetic characteristics of lettuce (*Lactuca sativa* L.) under fluctuation hot ambient temperatures with the manipulation of cool root-zone temperature. **Journal of Plant Physiology**, 152: 387-391, 1998.
- HENZ, G.P.; SUINAGA, F. Tipos de alface cultivados no Brasil. **Comunicado Técnico**, Embrapa Hortaliças, n. 75, p. 1-7, 2009.

HERMES, C.C.; MEDEIROS, S.L.P.; MANFRON, P.A.; CARON, B.; POMMER, S.F.; BIANCHI, C. Emissão de folhas de alface em função da soma térmica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, p. 269-275, 2001.

HORTIBRASIL, 2019. Disponível em:

<<https://www.hortibrasil.org.br/classificacao/alface/alface.html>>. Acessado em: 30 de jun. de 2019.

IZIDÓRIO, T. H. C., DE LIMA, S. F., VENDRUSCOLO, E. P., DE ÁVILA, J., & ALVAREZ, R. D. C. F. Bioestimulante via foliar em alface após o transplante das mudas. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 2, n. 2, p. 49-56, 2015.

JENSEN, M.H.; COLLINS, W.L. Hydroponic vegetable production. **Horticultural of Plant Nutrition**, v. 5, p. 483 - 558, 1983.

JONES JR., J. B. **A guide for the hydroponic & soilless culture grower**. Portland: Timber Press, 1983.

KAYS, S. J. Preharvest factors affecting appearance. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 233-247, 1999.

KOEFENDER, V.N. **Crescimento e absorção de nutrientes pela alface cultivada em fluxo laminar de solução**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

LEE, D. W. Simulating forest shade to study the development ecology of tropical plants: juvenile growth in three vines in India. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 4, p. 281-292, 1988.

LEE, S.K.; CHEONG, S.C. Inducing head formation of iceberg lettuce (*Lactuca sativa* L.) in the tropics through root-zone temperature control. **Tropical Agriculture**, V. 73, n. 1, p. 34-42, 1996.

MACHADO, P. P. C. **Sistema computadorizado para o monitoramento de fatores ambientais e controle da qualidade da solução nutritiva no cultivo hidropônico em casas de vegetação**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

MAGALHÃES, A. G. **Caracterização de genótipos de alface (*Lactuca sativa* L.) em cultivo hidropônico sob diferentes valores de condutividade elétrica da**

**solução nutritiva.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Melhoramento Genético de Plantas, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2006.

MARTINEZ, H. E. P.; SILVA FILHO, J. B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas.** Viçosa, Minas Gerais: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 1997.

MARTINS, G. Cultivo em ambiente protegido – o desafio da plasticultura. In: FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura:** agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2000. p.135-148.

MESSIAS, U. **Resposta pós-colheita à injúria por frio de três cultivares de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.).** Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

MORAES, C. A. G. **Hidroponia:** como cultivar tomate em Sistema NFT (sistema de fluxo laminar de nutrientes). Jundiaí: DISQ Editora, 1997.

RESH, H. M. **Cultivos hidropônicos:** nuevas técnicas de producción. 4 ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1997.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia:** fundamentos e aplicações práticas. Guaíba-RS: Ed. Agropecuária, 2002.

PEREIRA, E. M.; LEITE, D. D. F.; FIDELIS, V R. L.; PORTO, R. M.; OLIVEIRA, M. I. V.; MAGALHAES, W. B. Caracterização físico-química de hortaliças tipo folha comercializadas no Brejo Paraibano. **Revista AGROTEC**, v. 37, n. 1, p. 19-22, 2016.

R CORE TEAM. **Foundation for Statistical Computing** – Version 3.6.0. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acessado em: 08 de jun. de 2019.

REIF, R. **Statistical and thermal physics.** Tóquio: McGraw Hill International Book Co., 1983.

RODRIGUES, I. N., LOPES, M. T. G., LOPES, R., GAMA, A. S.; RODRIGUES, M. R. L. Produção e qualidade de frutos de híbridos de pimentão (*Capsicum annuum*) em ambiente protegido em Manaus-AM. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 4, p. 491–496, 2007.

RODRIGUES, J. D. **A Influência de diferentes regimes de umidade do solo em gladiólos.** Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1973.

RODRIGUES, L. R. F. **Cultivo pela técnica de hidroponia: técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido.** Jaboticabal: FUNEP, 726p., 2002.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012.

SANCHEZ, S.V. **Avaliação de cultivares de alface crespa produzidas em hidroponia tipo NFT em dois ambientes protegidos em Ribeirão Preto (SP).** Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, 2007.

SANTOS, A. O. et al. Produção de alface hidropônica: uma abordagem pela dinâmica de sistemas. In: 4º Congresso Brasileiro de Sistemas, 2008, Franca, SP. **Anais [...]** Franca, SP: Uni-FACEF, 2008. p. 1-14.

SASSAKI, O.K. Resultados preliminares da produção de hortaliças sem o uso de solo no Amazonas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 15, p. 165-169, 1997.

SCATOLINI, M. E. **Estimativa da evapotranspiração da cultura do crisântemo em estufa a partir de elementos meteorológicos.** Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 1996.

SILVA, E.C.; LEAL, N.R.; MALUF, W.R. Avaliação de cultivares de alface sob altas temperaturas em cultivo protegido em três épocas de plantio na região Norte Fluminense. **Ciência e Agrotecnologia**, n. 23, p. 491-499, 1999.

SILVA, J. C. B.; VEIGA, N. L.; VALTAIR, R. M. O. **Estufa ecológica: uso do bambu em bioconstruções** - Curitiba: CPRA, 2011.

SILVA, V.F.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M.Z.; PEDROSA, J.F. Comportamento de cultivares de alface em diferentes espaçamentos sob temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, n. 18, p. 183-187, 2000.

SILVA, M. C. C.; COELHO, F. S.; BRAUN, H.; FONTES, P. C. R. Índice SPAD em função de diferentes horários e posições no folíolo da batata sob fertilização nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 971-977, 2011.

- SILVA, O. M. P. **Desempenho produtivo e qualitativo de cultivares de alface em diferentes épocas de plantio em Mossoró-RN**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Mossoró, 2014.
- SOUZA, A. J.; OLIVEIRA, L. C. **Automação industrial**. Natal: DCA-UFRN, 2003.
- SOUSA, A. E. D., et al. Control of browning of minimally processed mangoes subjected to ultraviolet radiation pulses. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 1, p. 253-259, 2017.
- STANGHELLINE, C. Production of vegetables in protected cultivation: agrometeorological and physiological factors. **Horticultura Brasileira**. v.18, p. 25-41, 2000.
- SUINAGA, F. A.; BOITEUX, L. S.; CABRAL, C. S.; RODRIGUES, C. S. **Desempenho produtivo de cultivares de alface crespa**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2013. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 89).
- TEIXEIRA, N.T. **Hidroponia**: uma alternativa para pequenas áreas. Guaíba, RS: Ed. Agropecuária, 1996.
- VICENTINI-POLETTE, C. M.; SALA, F. C.; SPOTO, M. H. F.; FERREIRA, M. D.; BORBA, K. R.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. Avaliação das características físico-químicas e aceitação da alface crocanta produzida em sistema hidropônico na cidade de Araras, São Paulo. **Demetra**. v. 13, n. 3, p. 663-673, 2018.
- VIGNEAULT, C.; CORTEZ, L.A. Método de resfriamento rápido com gelo. In: CORTEZ, L.A.; HONORIO, S.; MORETTI, C.L (Org.). **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2002. p. 283-309.
- WILLS, R. H.; MCGLASSON, W. B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest, an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals**. New York: CAB International, 1998.