



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS



CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA E POTENCIAL
ANTIOXIDANTE DE ALFACES CULTIVADAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO
COM DIFERENTES FILMES DE COBERTURA

Jocelane Cavalcanti Vítor Alves

RECIFE/PE
Agosto de 2015



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS



Jocelane Cavalcanti Vítor Alves

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA E POTENCIAL
ANTIOXIDANTE DE ALFACES CULTIVADAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO
COM DIFERENTES FILMES DE COBERTURA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do Grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

ORIENTADORA: Maria Inês Sucupira Maciel

CO-ORIENTADOR: Roberto de Albuquerque Melo

RECIFE/PE

Agosto de 2015

Ficha catalográfica

A474c Alves, Jocelane Cavalcanti Vitor.
 Caracterização físico, físico-química e potencial antioxidante
 De alfaces cultivadas em sistema hidropônico com diferentes
 filmes de cobertura / Jocelane Cavalcanti Vitor Alves. – Recife,
 2015.
 96 f. : il.

 Orientadora: Maria Inês Sucupira Maciel.
 Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de
 Alimentos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
 Departamento de Economia Domésticas, Recife, 2015.
 Referências e apêndices.

 1. *Lactuca Sativa* L. 2. Fitoquímicos 3. Cultivo protegido
 4. Pigmentos I. Maciel, Maria Inês Sucupira, orientadora
 II. Título

CDD 664

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA E POTENCIAL
ANTIOXIDANTE DE ALFACES CULTIVADAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO
COM DIFERENTES FILMES DE COBERTURA**

Por Jocelane Cavalcanti Vítor Alves

Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos e aprovada em __/__/____ pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimento em sua forma final.

Banca Examinadora:

Profa Dra. Enayde de Almeida Melo
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof Dr. Dimas Menezes
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. José Luiz Sandes de Carvalho Filho
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedico,

A minha avó (Mãe) Josefa Francisca dos Santos (*in memoriam*) pelo amor, cuidado, dedicação, educação, apoio e incentivo que sempre teve até o fim da sua vida o verdadeiro sinônimo de Amor.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo supremo dom da vida, por tudo que tenho e sou por Ele ser meu guia e a razão de todo meu agir, pelo amor eterno, fiel e incondicional.

À minha Avó (Mãe) Josefa Francisca dos Santos (*In memória*), uma pessoa que mostrou que muitas vezes um gesto marca mais que mil palavras, de um coração bondoso, meu eterno agradecimento pelos momentos em que estive ao meu lado, me apoiando e me fazendo acreditar que nada é impossível, pessoa que sigo como exemplo.

Aos Meus Pais Paulo Vítor e Solange Cavalcanti, pelo amor que sentem por mim e por sempre acreditarem em meu potencial.

A todos os meus Familiares, Amigos e Vizinhos, pelo carinho e que sempre torceram e se alegraram junto comigo em minhas conquistas.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade e acolhida, contribuindo para a minha formação profissional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos - UFRPE agradeço a oportunidade de ser aluna, por tornar possível o mestrado na área alimentos.

À minha Orientadora Professora Maria Inês Sucupira Maciel, pelo carinho, profissionalismo, paciência, apoio e acompanhamento no final da minha graduação e durante todo o percurso da pós-graduação, pelo conhecimento transmitido, sobretudo por sempre estar disponível para discutir qualquer assunto referente ao projeto e indicar o caminho mais pertinente. Por fim, agradeço imensamente a oportunidade e confiança.

Ao meu Coorientador Professor Roberto Albuquerque de Melo pela disponibilidade, atenção e por apresentar pessoas que foram muito importante na execução do meu experimento.

A Professora Enayde Melo pelo carinho que sempre teve comigo e imprescindível ajuda com as análises e com os dados referentes às atividades antioxidantes (Certo garota?).

A todas as professoras do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos que contribuíram muito para minha formação profissional.

Aos professores que se disponibilizaram a participar da banca de defesa.

Aos Senhores Alexandre, Carlos e Zezinho proprietário da Fazenda Colina Branca, no Município de Chã Grande/PE, que gentilmente forneceram o espaço e as alfaces. Grandes empresários, pois tem visão de que a ciência contribui para o sucesso da empresa.

Aos Agrônomos Júlio Mesquita e Charles, sem ajuda de vocês no início e durante a execução do experimento em campo não conseguiria concluir a dissertação. Minha imensa gratidão.

A minha querida turma PGCTA 2013.2 Keliane, Augusto e Robson pela amizade, pelo aprendizado e pelos ótimos momentos juntos. Em especial agradeço a Fabiana, Sydia, Tatiana e Hellen que além da amizade e companheirismo me deram grandiosa ajuda e

companhia nos experimentos laboratoriais, sem falar dos momentos divertidos quando estávamos juntas. Muito obrigada por tudo, tenho orgulho de ter feito parte da turma “Narnia”, turma essa que foi sinônimo de união do início ao fim.

As Mestras Mariana Fonsêca e Rita Cristina pela amizade. Não tenho palavras para agradecer a importância dos ensinamentos que vocês me deram na parte laboratorial quando entrei no mestrado.

Aos mestrandos Maria Medeiros e Saulo Emílio e ao PIBIC Williams Rodrigues pela amizade e valiosa ajuda na colheita e na parte de caracterização física das alfices.

A todas/os alunas/os e ex-alunas do PGCTA aos quais tive a oportunidade de conviver e conhecer.

A técnica em Economia Domestica Jaqueline (Jack) pela amizade, pelos “alpinos”, risadas e grande ajuda nas análises.

A todos os funcionários do Departamento de Ciências Doméstica, em especial a Sônia Tabosa (Soninha) e Ana Engracia.

À minha Mãe de coração Professora Izabel Cristina de Luna Galindo (Mamadi), por sua amizade, sua calma, seu carinho em todos os momentos que estamos juntas e por ser um grande exemplo de pessoa e profissional.

Aos amigos Ana Luísa (Arara), Elisabete (Mopi), Emanuelle (Manu), Fabiana Nunes (Fabi), Hidelbladi (Amigo 1), Rodrigo (Amigo 2), Rosângela (Morga), Juliana (Manga) por cada risada e companheirismos durante e após a graduação e em especial Juliet (Amigonahhh) minha irmã chata de coração pela cumplicidade, pelo apoio nos momentos de crise, escutando as minhas preocupações e ansiedades, pelo ombro amigo com “patadas” no qual posso sempre contar.

À Professora Argélia Maria Araújo Dias, uma grande amiga, minha primeira orientadora e incentivadora a seguir a área de Ciências e tecnologia de Alimentos, obrigada pelos valiosos conselhos, carinho e ser um grande exemplo de pessoa e profissional.

À Professora Angélica Virgínia Valois Montarroys, grande orientadora na minha graduação e exemplo de profissionalismo.

A Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na pessoa da Nutricionista do Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos (LEAAL) do Departamento de Nutrição Olivia Tavares pela receptividade e ajuda com a análise de Fibra Alimentar.

A Capes pela concessão da bolsa de estudo.

E é com muita emoção que termino meus agradecimentos com lágrimas nos olhos e dessa vez não foi por culpa do hidróxido (NaOH 40%) que relembro todas as pessoas e todos os momentos que fizeram-me chegar aqui.

Um dos maiores prazeres da vida é conquistar algo que foi tão almejado de forma honesta com seus princípios e ideais. Ser perseverante é acreditar que cada dia há um novo recomeço e nunca desistir e nem desanimar na primeira, na segunda ou em tantas outras quedas que possa ocorrer em nossas vidas, sempre devemos nos erguer e saber que uma hora o seu dia chegará e acreditar que no final tudo dará certo.

Jocelane Cavalcanti (Jô)

RESUMO

Dentre as hortaliças de grande consumo no Brasil, encontra-se a alface, *Lactuca sativa* L., sendo ela a preferida entre os olericultores tanto os que cultivam a campo como dos que cultivam em ambiente protegido. O aumento no consumo desta hortaliça vem crescendo nos últimos anos, proporcionando incremento no cultivo. Em vista disso, buscam-se novas tecnologias para obter maiores produtividades e/ou rendimentos e também melhor qualidade nutricional. Na busca de soluções para propiciar sistemas de produção para hortaliças de interesse comercial, uma das formas encontradas está se desenvolvendo rapidamente como meio de produção vegetal, sobretudo de hortaliças hidropônicas em cultivo protegido, que permitem manter algum ou total controle sobre as condições de exposição impostas pelos agentes ambientais. A utilização de diferentes cores de filmes na cobertura desse sistema apresenta-se como uma técnica promissora para produção de diferentes espectros de transmitância na faixa visível, para melhoria na qualidade das plantas e aumentando a produtividade. O objetivo desta pesquisa foi o de avaliar as respostas física, físico-química e potencial antioxidante das cultivares de alface ‘Isabela’ e ‘Mondai’ em sistema hidropônico mediante a utilização de filmes com coloração branca, azul, branca com malha vermelha e branca com malha aluminet. Foi realizada as seguintes análises em campo como: medições da temperatura nos ambientes durante todo o cultivo nas Casas de vegetação definitivas, comprimento e diâmetro do caule, tamanho, massa, número de folhas e cor das cultivares. Em seguida, as amostras foram submetidas as análises laboratoriais para a determinação da umidade, atividade de água, sólidos solúveis, ácido ascórbico, fibra alimentar. Além de quantificação dos fitoquímicos: clorofila, antocianina, compostos fenólicos e o potencial antioxidante. Diferenças significativas foram reveladas em todos os parâmetros físicos avaliados. A cultivar produzida em meio hidropônico com filme de cobertura branca revelou um melhor desenvolvimento físico tanto para cv. ‘Isabela’ quanto a ‘Mondai’. A produção em meio hidropônico protegido com filmes de cobertura azul e aluminet afetaram de forma negativa o desenvolvimento físico das cultivares. Ao comparar os resultados físico-químicos entre os tratamentos observaram-se diferenças significativas tanto na cv. ‘Isabela’ como na cv. ‘Mondai’, sendo os melhores resultados obtidos nas Casas de vegetação com filmes de cobertura branca e branca com malha vermelha. Os pigmentos clorofila e antocianina foram afetados pelos filmes de cobertura, o teor de compostos fenólicos, atividade sequestrante do radical livre DPPH e ABTS apresentaram valores superiores com filmes branca com malha vermelha e branca, enquanto resultados inferiores foram encontrados com filmes azul e branca com malha aluminet. Essas diferenças ocorridas nas cultivares foram devido às mudanças do espectro de luz dentro das Casas de vegetação em função da coloração dos filmes de coberturas, ocasionando diferentes respostas na composição química das cultivares. Estes resultados sugerem que a utilização de filmes de coberturas pode proporcionar uma ação nas qualidades física, físico-químicas e fitoquímicas nas alfaces.

Palavra-chaves: *Lactuca sativa* L.; Fitoquímicos; Pigmentos, Cultivo protegido, Plasticultura.

ABSTRACT

Among the large consumption of vegetables in Brazil, is the lettuce, *Lactuca sativa* L., she being the favorite among olericultores both those who cultivate the field and those who grow in a protected environment. The increase in consumption of vegetables has been growing in recent years, providing an increase in cultivation. In view of this, look up new technologies for higher productivity and / or income as well as improved nutritional quality. In the search for solutions to provide production systems for commercial interest vegetables, one of the forms found is developing rapidly as a means of crop production, especially of hydroponic vegetables in protected cultivation, which keep some or full control over the imposed conditions of exposure by environmental agents. The use of different colors in the film coverage of the system is presented as a promising technique for producing different transmittance spectra in the visible range, for improvement in plant quality and increasing productivity. The objective of this research was to evaluate the physical responses, physical chemistry and antioxidant potential of lettuce cultivars 'Isabela' and 'Mondai' hydroponically by using movies with white color, blue, white with red and white mesh with Aluminet mesh. The following analysis was carried out in the field as the temperature measurements in environments throughout the growing the definitive vegetation Homes, length and stem thickness, size, mass, number of leaves and color of the cultivars. Then the samples were subjected to laboratory analysis for the determination of moisture content, water activity, soluble solids, ascorbic acid, dietary fiber. In addition to quantification of phytochemicals: chlorophyll, anthocyanins, phenolic compounds and the antioxidant potential. Significant differences were revealed in all evaluated physical parameters. The cultivar produced in hydroponic medium with white frosting film showed a better physical development for both cv. 'Isabela' as the 'Mondai'. The production amid hydroponic protected with blue cover films and Aluminet affected negatively the physical development of cultivars. By comparing the physicochemical results between treatments were observed significant differences in both cv. 'Isabela' as in cv. 'Mondai', being the best results obtained in the vegetation houses with white and white cover films with red mesh. The pigment chlorophyll and anthocyanin were affected by the coverage of films, the content of phenolic compounds, scavenging activity of free radical DPPH and ABTS showed higher values with white movies with red and white mesh, while lower results were found with blue and white movies with mesh Aluminet. These differences occurred in cultivars were due to light spectrum changes in the vegetation houses depending on the color of roofing films, resulting in different responses in the chemical composition of the cultivars. These results suggest that the use of roofing films can provide an action in the physical qualities, physical-chemical and phytochemical on lettuce.

Keyword: *Lactuca sativa* L.; Phytochemicals; Pigments, Protected cultivation, Platiculture.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Produção em Toneladas da Alface nos estados do Nordeste Brasileiro..... | 22 |
| Figura 2: Distribuição do consumo alimentar (%) da alface nas diferentes regiões brasileiras..... | 23 |
| Figura 3: Estrutura química do DPPH..... | 30 |
| Figura 4: Estruturas químicas da Clorofila a e b e seus espectros de absorção em estado estacionário na temperatura ambiente..... | 33 |
| ARTIGO 1 | |
| Figura 1- Detalhe da localização geográfica da região onde foram conduzidos os experimentos..... | 48 |
| Figura 2 - Casas de vegetação utilizadas nos os experimentos com alface em sistema hidropônico. A: casa de vegetação com filme de cobertura azul, B: casa de vegetação com filme de cobertura branca, BV: casa de vegetação com filme de cobertura branca com malha vermelha e BA: casa de vegetação com filme de cobertura branca com malha aluminet..... | 49 |
| Figura 3 - Detalhe da localização do termômetro na Casa de vegetação..... | 50 |
| Figura 4 – Semeador semi-automático (A) e Bandeja plástica de 200 células (B)..... | 50 |
| Figura 5 – Esquema da área experimental para cultivo hidropônico de alface..... | 51 |
| Figura 6: Retirada do sistema radicular, para análises físicas tamanho e peso sem raíz..... | 52 |
| Figura 7 – Medições de altura das alfaces de cultivares crespa solta verde e roxa..... | 52 |
| Figura 8 – Pesagem da alface cv. Isabela..... | 53 |
| Figura 9 – Figura A: comprimento do caule e figura. B: diâmetro do caule de alface crespa solta verde..... | 53 |
| Figura 10 – Pontos determinados para medição de cores das cultivares estudadas..... | 54 |
| Figura 11 – Temperatura máxima, mínima e média durante os meses de novembro a dezembro de 2015 nas casas de vegetação com filmes de cobertura com coloração branca (B), azul (A), branca com malha vermelha (BV) e branca com malha aluminet (BA)..... | 55 |
| ARTIGO 2 | |
| Figura 1- Detalhe da localização geográfica da região onde foram conduzidos os experimentos..... | 70 |
| Figura 2 - Detalhe das Casas de vegetação onde foram conduzidos os experimentos com | |

alface em sistema hidropônico. A: Casa de vegetação com filme de cobertura azul, B: Casa de vegetação com filme de cobertura branca, C: Casa de vegetação com filme de cobertura branca com malha vermelha e D: Casa de vegetação com filme de cobertura branca com malha aluminet..... 71

Figura 3 – Semeador semi-automático (A) e Bandeja plástica de 200 células (B).....72

Figura 4 – Esquema da área experimental para cultivo hidropônico de alface.....73

Figura 5 – Sistema de filtração a vácuo.....75

TABELA

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - A cultura da alface* no Mundo..... | 20 |
| Tabela 2: Estimativa da área de cultivo protegido com Casas de vegetação no mundo – em hectares..... | 25 |
| ARTIGO 1 | |
| Tabela 1 – Parâmetros físico da cultivar Isabela produzidas em sistemas hidropônicos mediante a utilização de coberturas com diferentes colorações..... | 59 |
| Tabela 2 – Parâmetros físico da cultivar Mondai produzidas em sistemas hidropônicos mediante a utilização de coberturas com diferentes colorações..... | 59 |
| Tabela 3: Parâmetros colorimétricos das folhas da alface ‘Isabela’ produzida em sistemas hidropônicos mediante a utilização de coberturas com diferentes colorações..... | 60 |
| Tabela 4: Parâmetros colorimétricos das folhas da alface ‘Mondai’ produzida em sistemas hidropônicos mediante a utilização de coberturas com diferentes colorações..... | 61 |
| ARTIGO 2 | |
| Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos das cultivares ‘Isabela’ e ‘Mondai’ cultivadas em sistema hidropônico com filmes de coberturas com diferentes colorações..... | 81 |
| Tabela 2 – Teores de clorofilas, carotenoides totais e Antocianina das cv. ‘Isabela’ e ‘Mondai’ cultivadas em sistema hidropônico com filmes de coberturas com diferentes colorações..... | 83 |
| Tabela 3: Teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante (ABTS e DPPH) de alfaces cultivares: ‘Isabela’ e ‘Mondai’ cultivadas em Casas de vegetação com diferentes coberturas..... | 85 |

SUMÁRIO

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 16 |
| 2 PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESE | 18 |
| 3 REVISÃO DE LITERATURA | 19 |
| 3.1 ORIGEM DA ALFACE | 19 |
| 3.2 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA E CARACTERÍSTICAS GERAIS..... | 19 |
| 3.3 ALFACES CRESPAS CV. ISABELA E CV. MONDAI..... | 20 |
| 3.4 PRODUÇÃO | 21 |
| 3.5 IMPORTÂNCIA ALIMENTAR E NUTRICIONAL..... | 23 |
| 3.6 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL..... | 24 |
| 3.7 HIDROPONIA | 25 |
| 3.8 CASA DE VEGETAÇÃO E FILMES DE COBERTURA..... | 26 |
| 3.9 INFLUÊNCIA DA PRÉ-COLHEITA NA QUALIDADE DA ALFACE..... | 28 |
| 3.10 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE | 30 |
| 3.11 COMPOSTOS FENÓLICOS..... | 31 |
| 3.12 PIGMENTOS | 32 |
| 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 36 |
| ARTIGO 1 | 46 |
| RESUMO..... | 46 |
| ARTICLE 1 | 47 |
| ABSTRAT..... | 47 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 48 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS | 49 |
| 2.1 LOCALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS | 49 |
| 2.2 CULTIVARES | 49 |
| 2.3 CARACTERIZAÇÕES DO SISTEMA HIDROPÔNICO E AMBIENTE PROTEGIDO | 50 |
| 2.4 TEMPERATURA | 51 |
| 2.5 PLANTIO E COLHEITA | 51 |
| 2.6 AVALIAÇÕES FÍSICAS | 53 |
| 2.6.1 Tamanho (cm)..... | 53 |
| 2.6.2 Massa (g) | 54 |
| 2.6.3 Número de Folhas..... | 54 |
| 2.6.4 Comprimento e diâmetro do Caule (mm)..... | 55 |
| 2.6.5 Coloração das folhas..... | 55 |
| 2.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO | 56 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 56 |
| 3.1 TEMPERATURA..... | 56 |
| 3.2 TAMANHO..... | 58 |
| 3.3 MASSA..... | 59 |
| 3.4 DIÂMETRO E COMPRIMENTO DO CAULE | 59 |
| 3.5 NÚMERO DE FOLHAS | 60 |
| 3.6 COLORAÇÃO DAS FOLHAS | 62 |
| 4 CONCLUSÃO | 64 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS | 65 |
| ARTIGO 2 | 68 |
| RESUMO..... | 68 |
| ARTICLE 2 | 69 |
| ABSTRAT | 69 |
| 1 INTRODUÇÃO | 70 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS | 71 |
| 2.1 LOCALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS | 71 |
| 2.2 CULTIVARES..... | 72 |
| 2.3 CARACTERIZAÇÕES DO SISTEMA HIDROPÔNICO E AMBIENTE PROTEGIDO | 72 |
| 2.4 TEMPERATURA..... | 73 |
| 2.6 PLANTIO E COLHEITA | 73 |
| 2.5 AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS..... | 75 |
| 2.5.1 Umidade | 75 |
| 2.5.2 Sólidos solúveis (SS)..... | 75 |
| 2.5.3 Atividade de água (aw)..... | 75 |
| 2.5.4 Ácido Ascórbico | 75 |
| 2.5.5 Fibra alimentar..... | 75 |
| 2.6 QUANTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS FITOQUÍMICOS | 77 |
| 2.6.1 Clorofila e carotenoides..... | 77 |
| 2.6.2 Atividade antioxidante (ABTS ^{•+})..... | 77 |
| 2.6.3 Capacidade de sequestrar o radical DPPH | 78 |
| 2.6.4 Fenólicos totais..... | 78 |
| 2.6.5 Antocianinas | 79 |
| 2.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO | 79 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 79 |
| 3.1 UMIDADE..... | 79 |
| 3.2 SÓLIDOS SOLÚVEIS..... | 80 |
| 3.3 ATIVIDADE DE ÁGUA..... | 80 |
| 3.4 FIBRA ALIMENTAR | 81 |
| 3.5 ÁCIDO ASCÓRBICO | 81 |
| 3.6 CLOROFILA E CAROTENOIDES | 84 |
| 3.7 ANTOCIANINAS..... | 85 |
| 3.8 COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS..... | 86 |
| 3.9 CAPACIDADE DE SEQUESTRAR O RADICAL DPPH | 87 |
| 3.10 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE (ABTS ^{•+})..... | 88 |
| 4 CONCLUSÕES..... | 88 |
| 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS | 89 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 96 |

1 INTRODUÇÃO

A alface, *Lactuca sativa* L., é uma das principais hortaliças folhosas cultivada no Brasil. É bastante popular na alimentação e está sendo consumida em quantidades crescentes, devido ao apelo de alimento "saudável" (DUPONT et al., 2000). Pelo seu consumo crescente, alguns países como os Estados Unidos e a Europa adotam o modelo de produção de alface baseado em regiões (pólos) com características mais favoráveis de logística (SUINAGA, 2013). No Brasil, é largamente difundida, sendo considerada a hortaliça folhosa mais consumida no país, destacando-se como cultura de grande importância econômica e alimentar (LOPES et al., 2005; MALDONADE; SANJINEZ-ARGANDOÑA, 2014).

As cultivares de alface disponíveis no mercado brasileiro de sementes são agrupadas em cinco tipos morfológicos principais, com base na formação de cabeça e tipo de folhas: grupo Americana com folhas que formam uma cabeça, grupo Repolhuda-Manteiga, grupo Solta-Lisa que são alfaces que não formam cabeça, grupo Solta-Crespa, e existe ainda o grupo Mimososa, alfaces com folhas bem recortadas e o grupo Romana, sendo estes dois últimos com menor importância econômica (FILGUEIRA, 2008; HENZ; SUINAGA, 2009).

Segundo o Anuário brasileiro de hortaliças (2014), em 2011, os agentes do agronegócio estimaram a produção de alface em 1,27 milhão de toneladas, sendo 65% desta produção da alface crespa, 25% da americana e o restante abrange outros tipos, como lisa, roxa, mimososa e romana e em 2014, a área e a produção manteve-se estáveis.

O cultivo da alface, diante de sua vida pós-colheita ser bastante curta devido a sua perecibilidade, ocorre principalmente próximo das áreas urbanas, e dos centros consumidores, os chamados cinturões verdes (FIORINI et al., 2005; ANUÁRIO, 2010; SUINAGA et al., 2013), sendo necessário produzir nas mais variadas regiões brasileiras, ao longo do ano. Entre as cultivares produzidas no Brasil, o grupo Crespa vem crescendo consideravelmente nos últimos anos, em virtude de apresentar melhores resistências às doenças, ao transporte, maior período pós-colheita, melhor paladar, que são vantagens no elo mercado consumidor da cadeia produtiva (RODRIGUES et al., 2008; SALA; COSTA, 2012).

A adoção de técnicas no plantio, colheita e pós-colheita mais eficientes pode

contribuir para diminuição das perdas, aumento da vida útil e melhorias sensoriais e nutricionais da alface, permitindo ao produtor e ao consumidor ter um interesse maior ao adquirir o produto.

Com o crescimento do mercado hortícola, novos sistemas de cultivo, em alternativa ao sistema tradicional no campo, como os protegidos e o hidropônico têm sido adotados pelos produtores. Recentemente, o cultivo da alface em sistema hidropônico no Brasil tem crescido, principalmente de cultivares do grupo Solta-Crespa (ANUÁRIO, 2010). Esta técnica está sendo utilizada pelos produtores como forma de agregação de valor ao produto e viabilização do negócio (COSTA; JUNQUEIRA, 2000; FELIZETER et al., 2014).

Geralmente, os cultivos hidropônicos estão associados à utilização de proteção. Sob esse aspecto, o cultivo protegido em casa de vegetação vem sendo adotada de forma crescente pelos produtores de alface, em razão da possibilidade do controle parcial dos fatores ambientais adversos (CHRISTOULAKI et al., 2014). Em ambientes protegidos utiliza-se de diversas variedades de filmes e malhas destinadas ao controle de luminosidade, que são oferecidas pelos mercados nacional e internacional, e cada dia mais tem conquistado produtores rurais, que podem conferir na prática, os benefícios de seu uso.

Para uma hortaliça a soma de todas as características desejadas, torna o produto atrativo e aceitável pelo consumidor. A aparência externa das hortaliças principalmente as folhosas é de grande importância, uma vez que o consumidor somente adquire o produto que parece ser mais atrativo (BERNARDI et al., 2013).

Neste contexto, nota-se a importância de se avaliar as cultivares de alface nas condições de cultivo hidropônico em Casas de vegetação com cobertura de filmes de diferentes cores. Assim, o objetivo desta pesquisa foi o de avaliar as respostas física, físico-química e potencial antioxidante das cultivares de alface em sistema hidropônico mediante a utilização de filmes de cobertura com coloração branca, azul, branca com malha vermelha e branca com malha aluminet.

2 PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESE

A alface, *Lactuca scariola* L., é uma das hortaliças mais difundidas e consumidas no Brasil, tendo grande importância na economia do país e na alimentação da população. Porém esta folhosa é uma das hortaliças que mais sofre perdas pós-colheita chegando a atingir em torno de 43% na escala de produção nacional, em decorrência de vários, entre os quais se destaca o manejo durante o desenvolvimento, colheita e sua pós-colheita, esta última bastante curta, devido a sua perecibilidade

A utilização de sistemas hidropônicos em casa de vegetação com coberturas de filmes ou malha com cores diferentes (branca, azul, branca com malha vermelha e branca com malha aluminet) e a avaliação das características do comportamento produzida nestes sistemas é pouco estudado.

Concebeu-se, a partir dessa enunciação do problema de pesquisa, a seguinte hipótese:

- O uso de filmes de cobertura com diferentes colorações em casa de vegetação interfere na qualidade física, físico-química e no potencial antioxidante das cultivares de alface 'Isabela' e 'Mondai'.

3 REVISÃO DE LITERAURA

3.1 Origem da Alface

O possível centro de origem da alface, *Lactuca sativa* L., é a região da Bacia do Mediterrâneo. As primeiras indicações de sua utilização datam de 4.500 anos a.C. como planta medicinal em pinturas nos túmulos dos egípcios e desde 2.500 a.C. como hortaliça (CAMARGO, 1984).

Durante o processo de domesticação, foram valorizadas as partes vegetativas, ou seja, comestíveis da planta. As espécies selvagens de alface são ervas daninha que estão disseminadas por todo o Mar Mediterrâneo e são muito comuns nos Estados Unidos da América (LEBEDA et al., 2009). A alface é originária de espécies silvestres, ainda encontradas em regiões de clima temperado, no sul da Europa e na Ásia Ocidental (FILGUEIRA, 2008). A partir de sua domesticação, a alface foi disseminada pela região do Mediterrâneo, nas eras Grega e Romana (SUINAGA et al., 2013). No Brasil, a planta foi trazida pelos portugueses no século XVI, tornando-se a hortaliça folhosa de maior importância econômica, sendo consumida na forma de salada (FILGUEIRA, 2000).

3.2 Classificação Botânica e Características Gerais

Botanicamente, a alface é uma dicotiledônea anual, diploide ($2n=2x=18$ cromossomos), pertencente ao gênero *Lactuca*, à família Compositae (Asteraceae), subfamília Cichorioideae, tribo Cichorieae, subclasse Lactucinae (FUNK et al., 2009; ZOHARY et al., 2012). O gênero compreende 98 espécies selvagens de *Lactuca*, que ocorre principalmente na Ásia (51), África (43), na Europa (17) e na América do Norte (12) (LEBEDA et al., 2009).

A alface é uma planta herbácea, com caule curto, não ramificado, ao qual se prendem as folhas que são amplas e crescem em roseta, em volta do caule. Estas são relativamente grandes, podendo ser lisas ou crespas, fechando-se ou não em uma cabeça, com coloração variada, podendo apresentar-se esverdeadas, amareladas, verde escuras, avermelhadas, arroxeadas ou totalmente roxas, de acordo com a cultivar e são essas características que determinam a preferência do consumidor (MAROTO, 2002; RODRIGUES, 2008; FILGUEIRA, 2008). As raízes são do tipo pivotante, apresentando

ramificações curtas e finas, podendo atingir aproximadamente 0,6 metros de profundidade quando cultivadas em solo. Desenvolve-se melhor sob temperaturas amenas, florescendo a partir do pendoamento sob dias longos e temperaturas elevadas (FILGUEIRA, 2008).

Vários tipos de cultivares de alfaces são plantados no Brasil que inclui grupo Americana com folhas que formam uma cabeça, grupo Repolhuda-Manteiga, grupo Solta-Lisa que são alfaces que não formam cabeça, grupo Solta-Crespa e ainda o grupo Mimosa, alfaces com folhas bem recortadas e o grupo Romana, sendo estes dois últimos com menor importância econômica (FILGUEIRA, 2008).

Entre as cultivares produzidas no Brasil, o grupo Crespa vem crescendo consideravelmente nos últimos anos, em virtude de apresentar melhores resistências às doenças, ao transporte, maior período pós-colheita, melhor paladar, que são vantagens no elo mercado consumidor da cadeia produtiva (RODRIGUES, 2008). Segundo Sala e Costa (2012) a utilização do cultivo de alface crespa em relação à alface lisa, que até a década de 80 dominava a alfacultura brasileira ocorreu devido às dificuldades de produção da região sudeste. Nessa região, o verão é caracterizado por temperaturas elevadas à alta pluviosidade e levaram o setor a perdas de até 60% em decorrência de maior umidade relativa e que favorecia o ataque de fungos e bactérias. A partir da década de 1990, ocorreu uma mudança de produção para o tipo crespa. A alface tipo crespa mostrou-se mais adequada ao cultivo no verão, além de se adequar melhor à forma de comercialização que é realizada em caixas de madeira.

3.3 Alfases crespas cv. Isabela e cv. Mondai

Atualmente, existe uma grande variedade de cultivares de alface no mercado, que exploram diferenças nos formatos, tamanhos e cores das plantas (SUINAGA et al., 2013). No Brasil, os dados levantados por Sala e Costa (2012) indicam que os principais tipos de alface cultivados em ordem de importância econômica são a crespa, americana, lisa e romana. Dentre as cultivares de alface disponíveis no mercado brasileiro de sementes podem ser encontradas as alfaces do grupo Solta Crespa com folhas grandes, crespas, textura macia, mais consistente, sem formação de cabeça, com coloração verde ou roxa.

A Cultivar Isabela é protegida no Brasil pela Lei nº 9.456/97 | Decreto nº 2.366/97 - Proibida a multiplicação destas sementes para fins comerciais – o número do certificado de proteção da cultivar é 940 (BRASIL, 2015). A cultivar é do tipo crespa, de cor verde brilhante, porte mediano, folhas largas, hábito de crescimento ereto, alta crespicidade, alto

nível de resistência ao torcimento das plantas no inverno e ao pendoamento precoce (Quadro 1).

A cultivar Mondai RZ é do tipo crespa solta com folhas de coloração vermelho/verde, adequada para o cultivo em sistema hidropônico, podendo ser cultivada em todas as regiões de clima ameno.

Quadro 1: Distinguilidade da cultivar Isabela diferenciando suas características das cultivares mais parecidas Vera, Verônica e Jéssica:

| Denominação da cultivar | Característica(s) que a(s) diferencia(m) | Expressão da característica na(s) cultivar(es) | Expressão da característica na cultivar Isabela |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Vera | Folha: hábito de crescimento EPL: 10 a 15 folhas | Semi-ereto | Ereto |
| | Folha: forma | Elíptica transversa alargada | Elíptica transversa |
| | Folha: cor das folhas externas | Amarelada | Verde |
| Verônica | Folha: forma | ovalada | Elíptica tranversa |
| Jéssica | Folha: hábito de crescimento EPL: 10 a 15 folhas EPL: colheita | quase horizontal | Semiereto |
| | Folha: intensidade da cor | Muito escura | Média |

Fonte: BRASIL, 2015

3.4 Produção

A FAO estima que a produção comercial mundial total de alface foi 23,6 milhões de toneladas métricas (mmt) em 2010, colhidos a partir de 1,1 milhões de hectares. A China é o maior produtor mundial de alface, com uma produção anual de cerca de quase 13 milhões de toneladas, o que representa aproximadamente 54% da produção mundial. As produtividades médias de alface, nos vários Continentes são muito diferentes, aproximadamente 157,1 t ha⁻¹ na Europa, 23,5 t ha⁻¹ na Ásia e 20,3 t ha⁻¹ na América do Norte (Tabela 1).

Tabela 1 - A cultura da alface* no Mundo.

| | Área (x 1000 ha) | Produção (x 1000 t) | Produtividade (t ha ⁻¹) |
|-------------------------------------|------------------|---------------------|-------------------------------------|
| Mundo | 1.057,71 | 23.733,80 | 157,1 |
| Europa | 141,73 | 3.338,41 | 23,5 |
| Ásia | 739,55 | 15.068,73 | 20,3 |
| América do Norte | 115,58 | 4.212,66 | 36,4 |
| América Central | 16,71 | 342,75 | 20,5 |
| América do sul | 19,02 | 274,13 | 14,4 |
| África | 14,5 | 281,96 | 19,4 |
| Oceânia | 8,7 | 197,24 | 22,6 |
| | 2.063,50 | 47.309,73 | 314,2 |
| Principais países produtores | | | |
| 1° China | 550,26 | 14.000,00 | 23,4 |
| 2° Estados Unidos | 110,97 | 3.875,52 | 36,9 |
| 3° Índia | 32,4 | 1.075,00 | 30,9 |
| 4° Espanha | - | 870,22 | 19,3 |
| 5° Irã | - | 570 | 6,6 |
| 6° Japão | 0 | 543 | 26,7 |
| 7° Alemanha | 23 | 420,59 | 19 |
| 8° Peru | 16 | 419,06 | 26,9 |
| 9° México | 15 | 335,37 | 21,3 |
| 10° França | - | 328,33 | 21,4 |
| | 747,63 | 21.893,10 | 232,4 |

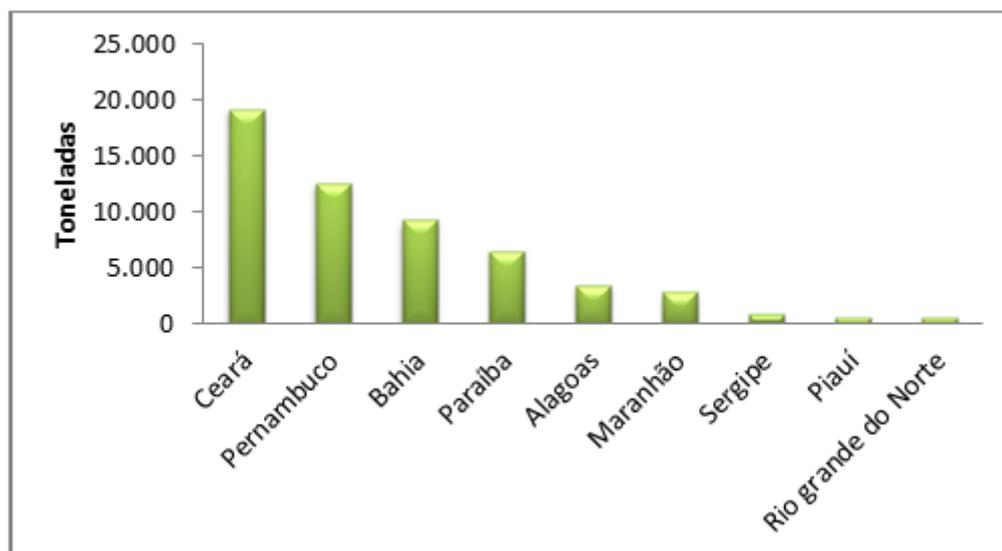
*Inclui a alface (*Lactuca sativa*), a chicória witloof (*Cichorium intybus*) e a escarola (*C. endívia*).

Fonte: FAOSTAT (2015)

Em 2009, o Brasil era o 14º produtor mundial de hortaliças frescas, com 10,449 milhões de toneladas produzidas (FAO, 2015). A área cultivada com alface é de aproximadamente 35.000 hectares com a produção anual média de dois milhões de toneladas, tendo em destaque o estado de São Paulo. Neste estado o volume comercializado de hortaliças folhosas cresceu entre 1999 e 2009, de 84 mil para 136 mil toneladas, totalizando 63%. As plantas provenientes da família Asteraceae tiveram o maior crescimento, de 27 mil para 52 mil toneladas, totalizando 93%, estando à alface com 82% do volume em 2009 (IBGE, 2008; SIEM, 2010). De acordo com o IBGE (2014), os dados do censo agropecuário 2006 apontam que a produção nacional de alface é de aproximadamente 525.602 t ano⁻¹, em Pernambuco a produção chegou a 12.530 t, ficando em segundo lugar na região Nordeste perdendo para o Ceará que teve sua produção de 19.181 t (Figura 1).

A maior produção de alface ocorre entre os meses de abril e dezembro, o que contribui para a redução dos preços praticados. Entre os meses de janeiro e março, devido à incidência de chuvas, há redução na oferta e aumento de preço (EMBRAPA, 2006).

Figura 1: Produção em Toneladas da Alface nos estados do Nordeste Brasileiro



Fonte: IBGE (2015).

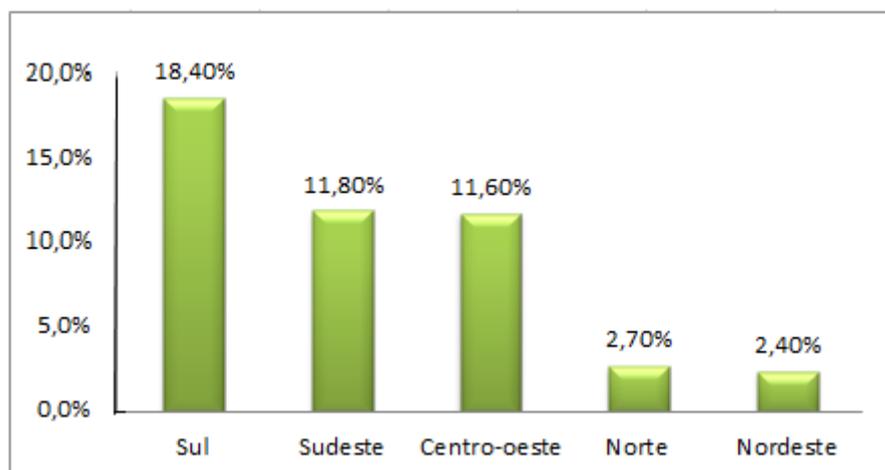
3.5 Importância Alimentar e Nutricional

A alface é uma das hortaliças mais populares na alimentação, e está sendo consumida em quantidades crescentes, devido ao seu apelo de alimento "saudável", principalmente devido à presença de compostos antioxidantes em conjunto com alto teor de fibras e quantidades úteis de alguns minerais (DUPONT et al., 2000; BASLAM et al., 2011).

Em relação aos seus valores nutricionais a alface é um vegetal com fibras, sais minerais e de vitaminas B1, B2, B6 e C e pró-vitamina A. Ressalta-se que as folhas externas da alface (de cor verde mais escura) contêm aproximadamente 30 vezes mais pró-vitamina A do que as internas, além de possuírem propriedades laxativas, diuréticas e lenitivas, bem como um sabor agradável e refrescante (KESKINEN et al., 2009; SANTI et al., 2010; EMBRAPA, 2011).

A alface é a folhosa mais consumida no Brasil, quando se compara o consumo entre os estados brasileiros, observam-se grandes diferenças. Segundo o IBGE (2011) o consumo de alface na região sul é de 18,40%, enquanto que no Nordeste o consumo é de apenas 2,40% (Figura 2).

Figura 2: Distribuição do consumo alimentar (%) da alface nas diferentes regiões brasileiras.



Fonte: (POF) – IBGE/ 2008-2009.

3.6 Importância Econômica e Social

Pelo seu consumo crescente alguns países como os Estados Unidos e a Europa adotam o modelo de produção de alface baseado em regiões (polos) com características mais favoráveis de logística (SUINAGA et al., 2013).

A alface é amplamente difundida, sendo considerada a hortaliça folhosa de maior valor comercial cultivada no Brasil, destacando se como cultura de grande importância econômica, alimentar e social (LOPES et al., 2005; MALDONADE; SANJINEZ-ARGANDOÑA, 2014). Segundo a ABCSEM (Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas), a alface movimentou em 2014, em média um montante de R\$ 8 bilhões apenas no varejo, com uma produção de mais de 1,5 milhão de toneladas ao ano (FAEMG, 2015).

Sendo uma prática muito difundida e de grande importância econômica em todo território brasileiro, o cultivo da alface gera renda para pequenos e médios produtores, além de movimentar grande volume de recursos em sementes, adubos, defensivos e mão de obra (HENZ; SUINAGA, 2009).

3.7 Hidroponia

No início dos anos 1930, Professor William Frederick Gericke da Universidade da Califórnia (USA) colocou um experimento laboratorial em nutrição de plantas, que chamou de sistema hidropônico. A palavra foi derivada de duas palavras gregas hydro ("água") e ponos ("trabalho"). Hidroponia pode ser definida como um método de cultivo de plantas utilizando soluções de nutrientes minerais, em água, sem solo. A palavra apareceu pela primeira vez em um artigo da revista científica Science, em fevereiro 178:1 de 1937. (LAKKIREDDY; KASTURI; RAO, 2012; SHARMA; GAUR, 2012; PANDEY et al., 2009).

A hidroponia é um sistema de cultivo, em que a planta é cultivada em canais plásticos, ao invés de ser no solo, por onde circula uma solução com fertilizantes químicos e nutrientes dissolvidos, acondicionados em Casas de vegetação (UNLUKARA et al., 2008). Esta solução nutritiva, que deve manter suas características físico-químicas, necessita de um controle adequado do pH e da condutividade elétrica para manter suas características iniciais de balanceamento e permitir que as plantas cresçam sob as melhores condições possíveis.

Os benefícios da hidroponia são numerosos. Além de maior rendimento e eficiência da água, quando praticado em um ambiente controlado, os sistemas hidropônicos são projetados para suportar uma produção contínua ao longo do ano. São muito versáteis e podem variar de configurações em pequenas propriedades para empresas comerciais altamente sofisticadas. Várias culturas comerciais e de especialidade são cultivadas em hidroponia incluindo tomates, pepinos, pimentos, berinjelas, morangos e muito mais. As folhosas, como alface, também são cultivadas em sistema hidropônico, tendo seu melhor desempenho utilizando a técnica de filme de nutrientes (NFT) (BARBOSA et al., 2015). As principais desvantagens em relação à agricultura convencional são os custos elevados para implantação inicial, insumos energéticos e do elevado grau de competências de gestão necessárias para a produção bem-sucedida (PREMANANDH, 2011).

A modernização tecnológica dá suporte ao crescimento da produção brasileira de hortaliças. Nesse cenário, a adoção em maior escala da hidroponia pode assegurar excelente resultado em termos de custo-benefício a toda a cadeia. A hidroponia é muito utilizada na cultura da alface, agrião, rúcula e salsa, entre outras. Como vantagens desse modelo pode-se destacar menor consumo de água e de fertilizantes, ausência de lixiviação de fertilizantes, menor incidência de pragas e doenças, maior densidade de plantas e maior produtividade (ANUÁRIO, 2010; SANYÉ-MENGUAL; CERÓN-PALMA; OLIVER-SOLÀ, 2012).

A alface é a hortaliça mais cultivada nos sistemas hidropônicos pelo motivo de ter sido a primeira cultura hidropônica, por possuir um ciclo curto de produção 45-60 dias e pela sua grande aceitação no mercado consumidor. O cultivo da alface em sistema hidropônico no Brasil tem crescido, principalmente de cultivares do grupo Solta-Crespa (ANUÁRIO, 2010). Esta técnica está sendo utilizada pelos produtores como forma de agregação de valor ao produto e viabilização do negócio (COSTA; JUNQUEIRA, 2000; FELIZETER et al., 2014).

Geralmente, os cultivos hidropônicos estão associados à utilização de proteção. Sob esse aspecto, o cultivo protegido (Casa de vegetação e casa de vegetação) vem apresentando crescente adoção pelos produtores de alface, em razão da possibilidade do controle parcial dos fatores ambientais adversos (CHRISTOULAKI et al., 2014). Em ambientes protegidos utiliza-se de diversas variedades de filmes e telas destinadas ao controle de luminosidade, que são oferecidas pelos mercados nacional e internacional, e cada dia mais tem conquistado produtores rurais, que podem conferir na prática, os benefícios de seu uso (MONTEIRO, 2011).

3.8 Casa de vegetação e filmes de cobertura

Cultivo protegido conhecido como casa de vegetação é um dos sistemas de cultivo de vegetais amplamente utilizados para fornecer e manter um ambiente controlado adequado para a produção ótima de culturas levando a lucro econômico máximo. Isto significa criar um ambiente adequado para um melhor crescimento saudável de culturas e a sua principal vantagem é de manter a produção de culturas ao longo do ano, o que não é possível na agricultura campo aberto devido às baixas temperaturas de inverno, as fortes chuvas e ventos fortes no verão (YANG, 2011).

A adoção do cultivo protegido expandiu-se rapidamente pelo mundo nos últimos anos. Na década de 1990, estimativas indicavam uma área de 716 mil hectares com Casas de vegetação e em 2010, passou para 3,7 milhão de hectares (Tabela 2). A maior parte desses plantios é de hortaliças, e a China concentra a maior área de cultivos protegidos (CHANG et al., 2013).

Tabela 2: Estimativa da área de cultivo protegido com Casas de vegetação no mundo – em hectares

| Ranking | País | Década de 90 | 2010 |
|--------------|------------------------------------|-------------------|------------------|
| | | Áreas em hectares | |
| 1 | China | 600.000 | 3.346,80 |
| 2 | Espanha | 18.500 | 70.400 |
| 3 | Coreia do Sul | 3.807 | 47.000 |
| 4 | Japão | 24.000 | 36.000 |
| 5 | Turquia | 9.800 | 33.496 |
| | Outros Países (total de 84 países) | 60.184 | 134.319 |
| TOTAL | | 716.291 | 3.668.015 |

Fonte: CHANG et al., 2013

Mundialmente, o uso de vidro e plástico em casa de vegetação está em expansão, ambos são usados comercialmente em, pelo menos, 89 países. Durante as últimas décadas, o uso de telas de plástico como material de cobertura expandiu-se, oferecendo muitas vantagens e benefícios. O uso de ambientes protegidos com coberturas plásticas causa modificações micrometeorológicas que alteram as relações planta-ambiente. A interceptação da radiação solar pela cobertura plástica reduz a incidência desta sobre as plantas, o que, conseqüentemente, irá alterar o balanço de radiação e de energia. Associado a isso, o processo convectivo originário do saldo de radiação positivo é inibido pela cobertura plástica que retém o ar quente e o vapor, provocando alterações nos diversos elementos meteorológicos, em relação ao ambiente externo (SEEMANN, 1979; CASTELLANO et al., 2008; HOLCMAN, 2012).

O filme plástico mais utilizado em casa de vegetação apresenta a cor branca (leitosa). Este tipo de película é chamado de filme difuso ou opaco. Geralmente, esse tipo de filme plástico tem a transmissão de 5% menos do que o filme transparente (GUISELINI; SENTELHAS, 2004). Essa redução é compensada por uma porcentagem maior de luz difusa, que tem efeito positivo no desenvolvimento da cultura (LLIC et al., 2012). Entretanto, outras cores como azul e vermelha estão sendo utilizadas. O uso de filmes ou telas coloridas visa à combinação da proteção física da produção e filtro de luz, o que irá promover as respostas fisiológicas desejadas, tais como produtividade, qualidade e velocidade de maturação (SHAHAK et al., 2004; COSTA et al., 2011).

O filme transparente geralmente transmite os raios solares sem dispersá-los, tendo como resultado a transmissão elevada da luz direta (LAMNATOU; CHEMISANA, 2013). As telas ou filmes de coloração vermelha transferem mais a luz do espectro nas ondas

vermelho e vermelho distante e difundem a luz que passa através da malha, sendo eficiente no desenvolvimento da planta (LI, 2006). As de coloração azul proporcionam luz do espectro em comprimento de onda de 440-490 nm intensificando o fototropismo e a fotossíntese (RODRIGUES, 2008; SCARASCIA-MUGNOZZA, 2012). Como observado em alguns estudos sobre características espectrais, a radiação vermelha e a azul são as mais eficientes para otimizar várias respostas fisiológicas desejáveis nas plantas (BRAGA et al., 2009).

Alface constitui uma parte importante da produção em ambiente protegido com cobertura plástica. Segundo Fu (2012), entre os vários fatores ambientais, a qualidade espectral, intensidade e duração da luz são as variáveis mais importantes que afetam o crescimento e desenvolvimento das plantas, portanto, uma série de estudos sobre alface têm-se centrado sobre os efeitos de diferentes condições de luz sobre a germinação, crescimento, qualidade nutricional e armazenamento de produtos frescos no geral. Estes resultados sugerem que a elevada intensidade de luz geralmente promove o crescimento de alface.

3.9 Influência da pré-colheita na qualidade da alface

A qualidade e a vida útil de produtos hortícolas frescos são determinadas antes da colheita. Diversas variáveis que incluem a cultivar, as condições meteorológicas, as práticas de irrigação, fertilizantes e programas de controle de pragas afetam a qualidade dos produtos colhidos e as suas propriedades sensoriais. Produção em cultivo fechado ajuda a garantir a qualidade da colheita uniforme comparado à produção no campo, porque as plantas não estão expostas diretamente às rápidas mudanças no clima (TUDELA et al., 2013).

A seleção da variedade vegetal certa para produção pode influenciar grandemente a qualidade pós-colheita subsequente. Certas variedades são mais adequadas para o armazenamento de longo prazo, que é essencial para a comercialização de grandes lojas de atacado (LIPPER, et al., 2010; PETIT et al., 2011). Diferentes cultivares varia em vários atributos, incluindo tamanho, cor, sabor, textura, valor nutritivo, resistência a pragas, adequação no processamento na qualidade e rendimento (LIMA; VIANELLO, 2013).

As condições climáticas, incluindo temperatura média e intensidade da luz, têm uma forte influência sobre a composição química e qualidade nutricional das culturas hortícolas (LEE; KADER 2000). A temperatura influencia a absorção e metabolismo de nutrientes minerais pelas plantas, uma vez que as taxas de transpiração aumentam com o

aumento da temperatura. As chuvas afetam abastecimento de água para a planta, o que pode influenciar a composição da parte da planta colhida e sua susceptibilidade a danos mecânicos e decadência durante as operações de colheita e manuseio subsequentes (FAO, 2015).

A exposição a temperaturas elevadas pode causar alterações morfológicas, fisiológicas e alterações bioquímicas nos tecidos das plantas e em consequência, podem afetar o crescimento e desenvolvimento de diferentes órgãos da planta. Estes eventos podem causar reduções drásticas na produção comercial. No entanto, pelo entendimento de tecidos vegetais e respostas fisiológicas a temperaturas elevadas, mecanismos de tolerância ao calor e possíveis estratégias para melhorar o rendimento, é possível prever as reações que terão lugar nas diferentes etapas de produção, colheita e pós-colheita de frutas e hortaliças (SNOWDEN, 2010).

Na pré-colheita, quando o cultivo é realizado no sistema hidropônico e sobre proteção, se faz necessário alguns cuidados no ambiente interno entre eles, o monitoramento constante principalmente nas horas mais frias e mais quentes do dia, pois cada espécie vegetal tem determinadas faixas de temperatura, luminosidade e fotoperíodo mais favoráveis ao seu desenvolvimento. Monitoramento e manejo das plantas tanto na fase de "maternidade" e "berçário" quanto na de crescimento e produção, as plantas devem ser monitoradas, no mínimo uma vez por dia, para se detectarem possíveis problemas (CARRIJO; MAKISHIMA 2000).

O método de colheita pode determinar o grau de variabilidade na maturidade e lesões físicas e, conseqüentemente, influenciam a composição química dos vegetais. Os danos mecânicos tais como contusões, abrasões e cortes superficiais, podem resultar em perdas nutricionais. A incidência e gravidade de tais lesões são influenciadas pelo método de colheita e as operações de manuseamento (LEE; KADER 2000). Na colheita, é realizada uma seleção de qualidade, comercializando-se apenas as plantas dentro do padrão estipulado com o consumidor.

Hortaliças colhidas no tempo incorreto terá uma diminuição significativa da qualidade pós-colheita. Características de qualidade, tais como textura, fibra e consistência são bastante afetadas pela fase de desenvolvimento e no momento da colheita. (SNOWDEN, 2010; KADER et al., 2011). A alface cultivada no sistema hidropônico é colhida manualmente aproveitando-se a planta inteira. A operação é facilitada por não ser necessário cortar a raiz e pelo fato das plantas estarem em bancadas, a um metro do solo (HENZ, 2008).

3.10 Atividade Antioxidante

O termo antioxidante foi originalmente usado para se referir especificamente a um produto químico que impedia o consumo de oxigênio. No final do século 19 e início do século 20, extenso estudo foi dedicado às utilizações de antioxidantes em processos industriais importantes, tais como a prevenção da corrosão do metal, a vulcanização de borracha, e a polimerização dos combustíveis na incrustação dos motores de combustão interna (LOBO et al., 2010).

A pesquisa inicial sobre o papel dos antioxidantes em biologia foi focado sobre a sua utilização na prevenção da oxidação de gorduras insaturadas, que é a causa de ranço (KNIGHT, 1998; LOBO et al., 2010). Atividade antioxidante pode ser medida simplesmente colocando a gordura em um recipiente fechado com o oxigênio e medindo a taxa de consumo de oxigênio. No entanto, foi com a identificação de vitaminas A, C, e E que revolucionou o campo de antioxidantes e levaram à compreensão da importância de antioxidantes na bioquímica de organismos vivos (MANDANA et al., 2012).

Os antioxidantes são substâncias que podem proteger as células contra os danos causados por moléculas instáveis conhecidas como radicais livres (GOMES et al., 2012). Antioxidantes interagem com os radicais livres e podem impedir alguns danos que os radicais livres poderiam causar. Exemplos de antioxidantes incluem o beta-caroteno, licopeno, as vitaminas C, E, A e outras substâncias artificiais (HUFFMAN, 2011).

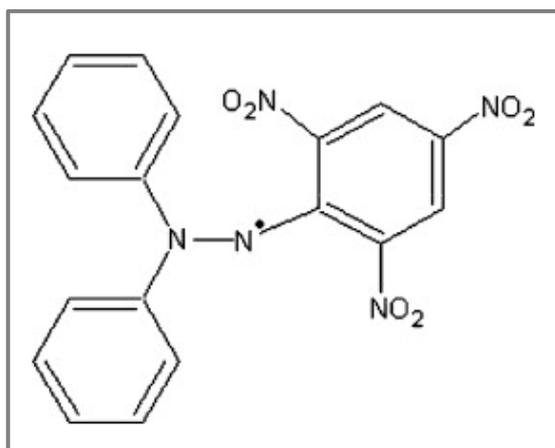
Os antioxidantes contidos nos vegetais desempenham um papel importante na manutenção da saúde e da prevenção da doença. Tem sido estimado que o aumento de consumo de vegetais reduz o risco de câncer em 15%, a doença cardiovascular em 30% e a mortalidade em 20%, estes efeitos são atribuídos aos antioxidantes tais como ácido ascórbico, vitamina E, carotenóides, licopeno, polifenóis, e outros fitoquímicos (SHETTY; MAGADUM; MANAGANVI, 2013).

A alface tem uma capacidade antioxidante eficaz e outras propriedades que promovem a saúde (ZŁOTEK et al., 2014). O genótipo juntamente com as condições de manejo podem afetar o conteúdo e a composição dos antioxidantes em plantas. Condições de desenvolvimento podem afetar significativamente o conteúdo de muitos compostos fenólicos em alface (SHETTY; MAGADUM ; MANAGANVI, 2013).

Diferentes metodologias têm sido empregadas para avaliar a capacidade antioxidante de um composto. No método que usa ABTS 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolína-6-ácido sulfônico), o radical é gerado a partir da reação do reagente

ABTS com persulfato de potássio, tem uma coloração verde-azulada escura e absorve a luz a 734 nm. No ensaio de DPPH (1,1-difenil-2-picril hidrazina), este radical comercialmente disponível (Figura 3), quando dissolvido em etanol apresenta coloração roxa, com o máximo de absorção a 531 nm. Ambos os ensaios são convenientes na sua aplicação e, portanto, mais populares; no entanto, eles estão limitados à medida que usam os radicais não fisiológicos (FLOEGEL, 2011).

Figura 3: Estrutura química do DPPH



Fonte: CHAO, 2012

Outros ensaios são realizados, como o ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) que detecta alteração química de uma molécula fluorescente causada por um ataque de radicais livres. O ensaio de FRAP diferente dos outros, não empregam radicais livres, mas a redução de ferro férrico (Fe^{3+}) para o ferro ferroso (Fe^{2+}) que é monitorizado. Quando aplicado à análise de alimentos, as medições da capacidade antioxidante podem ser diferentes, dependendo do ensaio utilizado (GORINSTEIN et al., 2010).

3.11 Compostos Fenólicos

Os vegetais são fontes de compostos fenólicos, moléculas que podem atuar como antioxidantes para prevenir doenças do coração, reduzir a inflamação, diminuir a incidência de câncer e diabetes, bem como reduzir as taxas de mutagênese em células humanas. A proteção conferida pelo consumo de produtos vegetais, é geralmente associada com a presença de compostos fenólicos (KHODDAMI, 2013).

Os compostos fenólicos são um grande grupo de fitoquímicos generalizados no reino

vegetal. Mais de 10.000 estruturas amplamente dispersas por todo o reino vegetal e caracterizadas por ter, pelo menos, um anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. Eles podem ser divididos em 10 classes diferentes, dependendo da sua estrutura química de base (PEREIRA et al., 2009; GARCIA-SALAS et al., 2010; NEVEU et al., 2010). Em função de sua estrutura química podem ser classificados em fenóis simples, ácidos fenólicos e flavonoides (KHODDAMI et al., 2013).

Os compostos fenólicos têm recebido atenção considerável por seu potencial em proteção contra determinadas doenças, em parte por causa de suas propriedades antioxidantes potentes e sua onipresença em uma ampla gama de alimentos de origem vegetal comumente consumidos (CARTEA; FRANCISCO; SOENGAS, 2010). Os compostos fenólicos são sintetizados em plantas, em parte, como uma resposta a pressões ambientais e fisiológicas, tais como agentes patogênicos e o ataque de insetos, a radiação UV e ferimentos (KENNEDY; EMMA, 2011).

Vários estudos têm mostrado que a abundância de compostos fenólicos em tecidos de alface pode ser afetada pela genética (variedade), fertilização, estratégias de proteção das culturas e fatores ambientais ((DUPONT et al., 2000; MANACH et al., 2004; RIBAS-AGUST et al., 2011).

3.12 Pigmentos

A cor é um indicador de qualidade vegetal, principal fator na aparência que também engloba brilho, lesões e outros atributos detectados pela avaliação visual do produto. Em muitos casos, ela pode servir como um indicador de índice de maturidade fisiológica ou senescência e como um indicador de injúrias fisiológica, mecânica, ou patológica (BARTZ; BRECHT, 2002).

A escolha de um produto pelo consumidor não depende, apenas da composição de nutrientes, mas, principalmente da relação sensorial e nutricional. Dentre os aspectos mais relevantes para a cultura da alface, a cor é um dos principais parâmetros a ser observado. Existem diferentes cultivares de alface, que variam na sua cor de verde e amarela ao vermelho escuro, como resultado de diferentes concentrações de clorofila e antocianina.

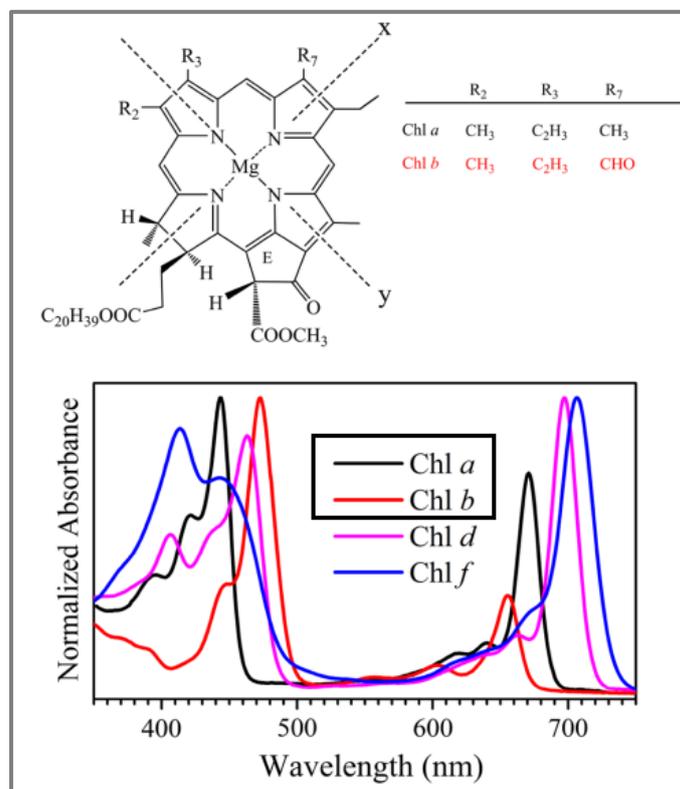
Os principais pigmentos encontrados em alfaves de diferentes cultivares são clorofilas, β -caroteno, luteína, zeaxantina e antocianinas (HEDGES; LISTER, 2005). A concentração de clorofila e carotenóides correlacionam-se com o potencial fotossintético

das plantas com uma indicação do estado fisiológico da mesma (GAMON; SURFUS, 1999). No entanto, o teor de pigmentos em plantas é importante, não só devido à coloração e função fisiológica, mas também devido ao seu papel reconhecido como antioxidante, agindo na prevenção de várias doenças associadas com o estresse oxidativo, tais como o câncer, as doenças cardiovasculares e outras doenças crônicas (LIU et al., 2007; SANGEETHA; BASKARAN, 2010).

As clorofilas são os pigmentos naturais mais abundantes presentes nas plantas e ocorrem nos cloroplastos das folhas e em outros tecidos vegetais. As diferenças aparentes na cor do vegetal são devido à presença e distribuição variável de outros pigmentos associados, como os carotenóides, os quais sempre acompanham as clorofilas (VON ELBE, 2000).

As Clorofilas a e b foram descobertas por dois químicos franceses, Caventou e Pelletier, em 1818, que também introduziram o nome "clorofila" a partir de uma combinação das palavras gregas, Chloros (verde) e phyllos (folhas) (NIEDZWIEDZKI et al., 2014). Estes pigmentos diferem apenas na composição de um substituinte e exibem espectros de absorção distintos e complementares como consequência (Figura 4). Estes pigmentos são quimicamente instáveis e podem ser alterados ou destruídos facilmente, modificando a percepção e a qualidade dos produtos. Em geral, as clorofilas são relativamente instáveis e sensíveis à luz, aquecimento, oxigênio e a degradação química (SCHOEFS, 2002). Devido a sua pigmentação com diferentes tonalidades de verde e suas propriedades físico-químicas são utilizados também como aditivos em produtos alimentícios.

Figura 4: Estruturas químicas da Clorofila a e b e seus espectros de absorção em estado estacionário na temperatura ambiente.



Fonte: NIEDZWIEDZKI E BLANKENSHIP, 2010.

Os Carotenóides são responsáveis pela coloração amarelo, laranja e vermelho e estão entre os pigmentos naturais mais comuns e importantes. Eles são encontrados em plantas superiores, algas, fungos e bactérias, tanto em tecidos não fotossintéticos, como fotossintéticos, e acompanham as clorofilas (GROSS, 2012). Os carotenóides foram isolados pela primeira vez em 1891 a partir de cenouras (*Daucus carote*), dando origem ao seu nome, instituído por Wackenroder e sua estrutura foi elucidada em 1931 por Karrer. Atualmente, existem mais de 600 espécies de carotenóides identificados na natureza, estando localizados em organelas subcelulares, cloroplastos e cromoplastos, onde são principalmente associados com proteínas e servem como pigmentos acessórios na fotossíntese (DE LA PARRA et al., 2007; PAPAIOANNOU; LIAKOPOULOU-KYRIAKIDES, 2010).

Os carotenóides são lipossolúveis com até quinze duplas ligações conjugadas. Quimicamente podem ser divididos em dois grandes grupos, os carotenos, hidrocarbonetos, compostos apenas por átomos de carbono e hidrogênio, e seus derivados

oxigenados, as xantofilas, que contém ao menos um átomo de oxigênio desenvolvendo uma função hidroxil, cetona, epóxido, metoxil ou ácido carboxílico (VENSKUTONIS, 2013).

As antocianinas são compostos bioativos presentes em muitas frutas, hortaliças e seus produtos. O termo antocianina é de origem grega (anthos, uma flor, e kyanos, azul escuro). Após a clorofila, as antocianinas são o mais importante grupo de pigmentos de origem vegetal (HARBORNE; GRAYER, 1988). Compõem o maior grupo de pigmentos solúveis em água do reino vegetal e são encontradas em maior quantidade nas angiospermas. São pigmentos responsáveis pela grande variedade de cores presentes em flores, pétalas, folhas, frutos e hortaliças e são um sub-grupo dentro dos flavonóides caracterizados pela presença de um esqueleto contendo 15 átomos de carbono, na forma C₆-C₃-C₆, porém, ao contrário dos outros flavonóides, as antocianinas absorvem fortemente na região visível do espectro, conferindo uma infinidade de cores, dependendo do meio de ocorrência. As antocianinas proporcionam uma cor característica para as frutas e legumes que impactam por ser um parâmetro chave de qualidade, influenciando na aceitação sensorial do consumidor. Uma propriedade importante das antocianinas é a sua atividade antioxidante, que desempenha um papel importante na prevenção de doenças cardiovasculares e neuronal, câncer e diabetes, entre outros (KOŃCZAK; ZHANG, 2004; MULABAGAL, 2010).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS. 2010. Brazilian Vegetable Yearbook. Santa Cruz do Sul: Gazeta. 89p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS. 2014. Brazilian Vegetable Yearbook. Santa Cruz do Sul: Gazeta. 92p.

BARBOSA, G. L.; GADELHA, F. D. A.; KUBLIK, N.; PROCTOR, A.; REICHELM, L.; WEISSINGER, E.; HALDEN, R. U. Comparison of Land, Water, and Energy Requirements of Lettuce Grown Using Hydroponic vs. Conventional Agricultural Methods. **International journal of environmental research and public health**, v. 12, n. 6, p. 6879-6891, 2015.

BARTZ, J. A.; BRECHT, J. K. **Postharvest physiology and pathology of vegetables**. Vol. 123. CRC Press, 2002.

BASLAM, M.; GOICOECHEA, N. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) improved growth and nutritional quality of greenhouse grown lettuce. **Journal of Agricultural Food Chemistry**. Vol. 59, p. 5504-5515, 2011.

BRAGA, F. T.; PASQUAL, M; CASTRO, E. M, DE; DIGNART, S. L.; BIAGIOTTI, G.; PORTO, J. M. P. Qualidade de luz no cultivo in vitro de *Dendranthema grandiflorum* cv. Rage: Características morfofisiológicas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.502-508, 2009.

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Proteção de Cultivares no Brasil. SERVIÇO NACIONAL DE PROTEÇÃO DE CULTIVARES – **SNPC**. Disponível em: < http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_protegidas.php>. Acesso em mai. 2015.

CAMARGO, L. de S. **As hortaliças e seu cultivo**. 2ª ed. Campinas: Fundação Cargill, 1984. 448p.

CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N. **Princípios de Hidroponia**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. 27p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 22).

CARTEA, M.E.; FRANCISCO, M.; SOENGAS, P. Phenolic compounds in Brassica vegetables. **Molecules**. v. 16, n. 1, p. 251-280, 2010.

CHANG, J.; WU, X.; WANG, Y.; MEYERSON, L. A.; GU, B.; MIN, Y.; GE, Y. Does growing vegetables in plastic greenhouses enhance regional ecosystem services beyond the food supply?. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 11, n. 1, p. 43-49, 2013.

CHRISTOULAKI, S. G.; THRASSYVOULOS, M.; NIKOS T. Deployment of Sawdust as Substrate Medium in Hydroponically Grown Lettuce. **Journal of Plant Nutrition**, vol. 37, p. 1304-1315, 2014

COSTA, J.S; JUNQUEIRA AMR. 2000. Diagnóstico do cultivo hidropônico de hortaliças na região do Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**. 18: 49-52.

COSTA, C. D.; SALA, F. C. evolução da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 158-159, 2005.

COSTA, R. C.; CALVETE, E. O.; REGINATTO, F. H.; CECCHETTI, D.; TEREZA, J. Telas de sombreamento na produção de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 1, 2011.

DE LA PARRA, C.; SERNA SALDIVAR, S. O.; LIU, R. H. Effect of processing on the phytochemical profiles and antioxidant activity of corn for production of masa, tortillas, and tortilla chips. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 10, p. 4177-4183, 2007.

DUPONT, S.; MONDI, Z.; WILLAMSON, G.; PRICE, K. (2000). Effect of variety, processing, and storage on the flavonoid glycoside and composition of lettuce and chicory. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 48, 3957–3964.

EMBRAPA. Processamento mínimo de alface crespa. **Comunicado Técnico**. Brasília, DF. Dezembro, 2006. Disponível em <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/serie_documentos/publicacoes2006/cot_36.pdf>. Acesso mai 2015.

FAEMG - Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais. **Alface é a folhosa mais consumida no Brasil**. Março 2015. Disponível em: <<http://www.faemg.org.br/Noticia.aspx9Codc=802I&ParentCodeI39&ParentPathNone&ContentVersionR>>. Acesso em: 11 jun. 2015.

FAO. **Production and area of vegetable crops**. FAOSTAT database, 2013. Disponível em <<http://www.apps.fao.org>>. Acesso Jun. 2015>.

FELIZETER, S.; MCLACHLAN, M. S.; VOOGT, P. Uptake of Perfluorinated Alkyl Acids by Hydroponically Grown Lettuce (*Lactuca sativa*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry** Vol. 62, n.15, p 3334-3342, 2014

FILGUEIRA, F.A.R. **Asteráceas - alface e outras hortaliças herbáceas**. In: **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa-MG: UFV, v.1, p.289-295, 2000.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3.ed, Viçosa-MG: UFV, 421p.; 2008.

FIORINI, C. V. A.; GOMES, L. A. A.; MALUF, W. R.; FIORINI, I. V. A.; DUARTE, R. de P. F.; LICURSI, V. Avaliação de populações F2 de alface quanto à resistência aos nematóides das galhas e tolerância ao florescimento precoce. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 23, n. 2, p. 299-302, 2005.

FLOEGEL, A.; KIM, D. O.; CHUNG, S. J.; KOO, S. I.; CHUN, O. K. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. **Journal of food composition and analysis**, v. 24, n. 7, p. 1043-1048, 2011.

FU, W.; LI, P.; WU, Y. Effects of different light intensities on chlorophyll fluorescence characteristics and yield in lettuce. **Scientia Horticulturae**, v. 135, p. 45-51, 2012.

GAMON, J. A.; SURFUS, J. S. Assessing leaf pigment content and activity with a reflectometer. **New Phytologist**, v. 143, n. 1, p. 105-117, 1999.

GARCIA-SALAS, P.; MORALES-SOTO, A.; SEGURA-CARRETERO, A.; FERNANDEZ-GUITTÉRREZ, A. Phenolic-compound-extraction systems for fruit and vegetable samples. **Molecules**, v. 15, n.12, p. 8813-8826, 2010.

GOMES, E. C; SILVA, A. N.; OLIVEIRA, M. R. Oxidants, antioxidants, and the beneficial roles of exercise-induced production of reactive species. **Oxidative medicine and cellular longevity**, v. 2012, 2012.

GORINSTEIN, S.; HARUENKIT, R.; POOVARODOM, S.; VEARASILP, S.; RUAMSUKE, P.; NAMIESNIK, J. SHENG, G. P. Some analytical assays for the determination of bioactivity of exotic fruits. **Phytochemical Analysis**, v. 21, n. 4, p. 355-362, 2010.

GUISELNI, C.; SENTELHAS, P. C. Uso de malhas de sombreamento em ambientes protegidos. I-Efeito na temperatura e na umidade relativa do ar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 12, n. 1, 2004.

GÜLÇİN, I. Antioxidant properties of resveratrol: a structure–activity insight. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 11, n. 1, p. 210-218, 2010.

HEDGES, L. J.; LISTER, C. E. Nutritional attributes of salad vegetables. **Crop & Food Research Confidential Report**, n. 1473, 2005.

HUFFMAN, W. E. 9 Consumer Acceptance. **Transgenic Horticultural Crops: Challenges and Opportunities**, p. 193, 2011.

ILIĆ, Z. S.; MILENKOVIĆ, L.; STANOJEVIĆ, L.; CVETKOVIĆ, D.; FALLIK, E. Effects of the modification of light intensity by color shade nets on yield and quality of tomato fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 139, p. 90-95, 2012.

KADIAN, S. S.; GARG, M. Pharmacological effects of carotenoids: a

review. **International Journal of Pharmaceutics** , v. 3, p. 42-48, 2012.

KENNEDY, D. O.; EMMA, L. W. Herbal extracts and phytochemicals: plant secondary metabolites and the enhancement of human brain function. **Advances in Nutrition: An International Review Journal**, v. 2, p. 32-50, 2011.

KHODDAMI, A.; WILKES, M.; ROBERTS, THOMAS, H. Techniques for analysis of plant phenolic compounds. **Molecules**, v. 18, n.2, p. 2328-2375, 2013.

KNIGHT, J. A. Free radicals: their history and current status in aging and disease. **Annals of Clinical & Laboratory Science**, v. 28, n. 6, p. 331-346, 1998.

KONCZAK, I; ZHANG, W. Anthocyanins—more than nature's colours. **BioMed Research International**, v. 2004, n. 5, p. 239-240, 2004.

KUMAR, J. K.; SINHA, A. K. Resurgence of natural colourants: a holistic view. **Natural product research**, v. 18, n. 1, p. 59-84, 2004.

LAKKIREDDY, K. K. R.; KASTURI, K.; RAO, K. R. S. Role of Hydroponics and Aeroponics in Soilless Culture in Commercial Food Production. **Research & Reviews: Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 1, n. 1, 2012.

LAMNATOU, C.; CHEMISANA, D. Solar radiation manipulations and their role in greenhouse claddings: Fresnel lenses, NIR-and UV-blocking materials. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 18, p. 271-287, 2013.

LEBEDA, A. DOLEŽALOVÁ, I. KŘÍSTKOVÁ, E. KITNER, M. PETRŽELOVÁ, I. MIESLEROVÁ, B. NOVOTNÁ, A. Wild *Lactuca* germplasm for lettuce breeding: current status, gaps and challenges **Euphytica**, vol. 170, p. 15–34, 2009.

LEE, S.K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest biology and technology**, v. 20, n. 3, p. 207-220, 2000.

LI, J.C. Uso de mallas en invernaderos. **Horticultura Internacional n. extra**: 86-91. 2006.

LIU, Y. R. D.; PIKE S, PALLARDY S, GASSMANN W, ZHANG S. Chloroplast-generated reactive oxygen species are involved in hypersensitive response-like cell death mediated by a mitogen-activated protein kinase cascade. **Plant Journal** 51: 941–954, 2007.

LOBO, V.; PATIL.; A.; PHATAK, A.; CHANDRA, N. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. **Pharmacognosy reviews**, v. 4, n. 8, p. 118, 2010.

LOPES, J.C.; RIBEIRO, L.G.; ARAÚJO, M.G.; BERALDO, M.R.B.S. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 143-147, 2005.

MALDONADE, I. R.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J. Effect of natural detergent solutions against *Escherichia coli* growth in fresh-cut lettuce. In: **Industrial, Medical and Environmental Applications of Microorganisms: Current Status and Trends: Proceedings of the V International Conference on Environmental, Industrial and Applied Microbiology (BioMicroWorld2013) Mad.** Wageningen Academic Publishers, 2014. p. 283.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **The American journal of clinical nutrition**, v. 79, n. 5, p. 727-747, 2004.

MANDANA, B.; A. R. RUSSLY, S. T. FARAH, M .A. NORANIZAN, I. S. ZAIDUL, AND G. ALI. Antioxidant Activity of Winter Melon (*Benincasa Hispida*) Seeds Using Conventional Soxhlet Extraction Technique. **International Food Research Journal**, v. 19, n.1, p. 229–234, 2012.

MAROTO. J.V. **Horticultura Herbácea especial**. Mundi-Prensa, Madrid, Spain (2002)

MONTEIRO, I. A. Plasticultura: eficaz aliada na transmissão de luz às plantas. **Revista Plasticultura**, Campinas SP, n. 21. p.22, 2011. Acesso em 24 jul. 2014. Online. Disponível

em: < [http://www.artcomassessoria.com.br/imagens_noticias/Plasticultura21 .pdf](http://www.artcomassessoria.com.br/imagens_noticias/Plasticultura21.pdf)> Acesso: Nov. 2014.

MULABAGAL, V.; NGOUAJIO, M.; NAIR, A.; ZHANG, Y.; GOTTUMUKKALA, A. L.; NAIR, M. G.. In vitro evaluation of red and green lettuce (*Lactuca sativa*) for functional food properties. **Food chemistry**, v. 118, n. 2, p. 300-306, 2010.

NIEDZWIEDZKI, D. M.; JIANG, J.; LO, C. S.; BLANKENSHIP, R. E. Spectroscopic properties of the Chlorophyll a–Chlorophyll c 2–Peridinin-Protein-Complex (acpPC) from the coral symbiotic dinoflagellate *Symbiodinium*. **Photosynthesis research**, v. 120, n. 1-2, p. 125-139, 2014.

PANDEY, R.; J.; V.; PANDEY, K. S. R.; SINGH, K. P. Hydroponics Agriculture: Its Status, Scope and Limitations. **Agricultural Research**. p.21-29, 2009.

PAPAIOANNOU, E. H.; LIAKOPOULOU-KYRIAKIDES, M. Substrate contribution on carotenoids production in *Blakeslea trispora* cultivations. **Food and Bioproducts Processing**, v. 88, n. 2, p. 305-311, 2010.

PEREIRA, D.M.; VALENTAO, P.; PEREIRA, J.A.; ANDRADE, P.B. Pereira, D.M.; Valentao, P.; Pereira, J.A.; Andrade, P.B. Phenolics: From Chemistry to Biology. **Molecules**, v. 14, p. 2202-2211, 2009.

PREMANANDH, J. Factors affecting food security and contribution of modern technologies in food sustainability. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 15, p. 2707-2714, 2011.

RIBAS-AGUSTI, A.; GRATACOS-CUBARSI, M.; SARRAGA, C.; GARCIA-REGUEIRO, J.A.; CASTELLARI, M. Analysis of eleven phenolic compounds including novel p-Coumaroyl derivatives in Lettuce (*Lactuca sativa* L.) by Ultra-high-performance liquid chromatography with photodiode array and mass spectrometry detection. **Phytochemical Analysis**. v. 22, n.6, p. 555-563, 2011.

RODRIGUES, I. N.; LOPES, M. T. G.; LOPES, R.; GAMA, A. D. S.; MILAGRES, C. P.

Desempenho de cultivares de alface na região de Manaus. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.26, p.524-527, 2008.

SANGEETHA, R. K.; BASKARAN, V. Carotenoid composition and retinol equivalent in plants of nutritional and medicinal importance: Efficacy of β -carotene from *Chenopodium album* in retinol-deficient rats. **Food chemistry**, v. 119, n. 4, p. 1584-1590, 2010.

SANTI, A.; CARVALHO, M. A. C.; CAMPOS, O. R.; SILVA, A. F.; ALMEIDA, J. L.; MONTEIRO, S. Ação de material orgânico sobre a produção e características comerciais de cultivares de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 87-90, 2010.

SANYÉ-MENGUAL, E.; CERÓN-PALMA, I.; OLIVER-SOLÀ, J.; Montero, J.I.; Rieradevall. J.Environmental analysis of the logistics of agricultural products from roof top greenhouses in Mediterranean urban areas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 93, p. 100–109, 2012.

SCARASCIA-MUGNOZZA, G.; SICA, C.; RUSSO, G. Plastic materials in European actual use and perspectives. **Journal of Agricultural Engineering**. V.42, n.3, p. 15-28, 2012.

SCHOEFS, B. Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. Properties of the pigments and methods of analysis. **Trends in food science & technology**, v. 13, n. 11, p. 361-371, 2002.

SHAHAK Y; GUSSAKOVSKY EE; GAL E; GAELEVIN R. Colornets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. **Acta Horticulturae**, 659: 143-161. 2004.

SHARMA, E.; GAUR, A. K. *Aconitum balfourii* Stapf: A rare medicinal herb from Himalayan Alpine. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 6, n. 22, p. 3810-3817, 2012.

SHETTY, A. A.; MAGADUM, S.; MANAGANVI, K. Vegetables as sources of

antioxidants. **Journal of Food & Nutritional Disorders**, v. 1, p. 2, 2013.

SNOWDEN, A. L. **Post-Harvest Diseases and Disorders of Fruits and Vegetables: Volume 1: General Introduction and Fruits**. CRC Press, 2010.

SUINAGA, F.A.; BOITEUX, L.S.; CABRAL, C.S.; RODRIGUES, C.S. **Desempenho produtivo de cultivares de alface crespa**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. 7p. (Comunicado Técnico, n. 15)

TARAKCI, Z.; UGUR, A.; TEMIZ, H.; DAG, B. Influence of yogurt adding on physicochemical and sensorial properties of some lettuce types. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 11, n. 2, p. 208-212, 2013.

TUDELA, J. A.; MARÍN, A.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A.; LUNA, M. C.; GIL, M. I. . Preharvest and postharvest factors related to off-odours of fresh-cut iceberg lettuce. **Postharvest Biology and Technology**, v. 86, p. 463-471, 2013.

UNLUKARA, A.; CEMEK, B.; KARAMAN, S. Response of lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) to salinity of irrigation water. New Zealand. **Journal Crop Horticultural Science**. V. 45, p. 265-273, 2008.

VANI, G. S.; RO, A. A.; SRIDHAR, G. R.; CHAKRAVARTHY, M. S. Protein ligand interaction analysis an insilico potential drug target identification in diabetes mellitus and nephropathy. **Journal of Bioinformatics and Sequence Analysis**, v. 2, n. 5, p. 95-99, 2011.

VENSKUTONIS, P. R. Natural antioxidants in food systems. **Food Oxidants and Antioxidants: Chemical, Biological, and Functional Properties**, ed. by Bartosz G. CRC Press, Boca Raton, FL, p. 235-302, 2013.

VICKI A. F.; STUESSY, T.; BAYER, R. **Systematics, evolution, and biogeography of Compositae**. Vienna, Austria: International Association for Plant Taxonomy, 2009.

YANG, J.; ZHU, Z.; WANG, Z.; ZHU, B. Effects Of Storage Temperature On The Contents Of Carotenoids And Glucosinolates In Pakchoi (*Brassica Rapa* L. Ssp. *Chinensis*

Var. Communis). **Journal of food biochemistry**, v. 34, n. 6, p. 1186-1204, 2010.

ZOHARY, D. HOPF, M. WEISS, E. Domestication of Plants in the Old World The origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin. **Oxford University Press**, p.264, 2012.

ZTOTEK, U.; SWIECA, M.; JAKUBCZYK A. Effect of abiotic elicitation on main health-promoting compounds, antioxidant activity and commercial quality of butter lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Food chemistry**, v. 148, p.253-260, 2014.

ARTIGO 1

AVALIAÇÕES FÍSICAS DE CULTIVARES DE ALFACES PRODUZIDAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO COM A UTILIZAÇÃO DE FILMES DE COBERTURAS COM DIFERENTES COLORAÇÕES

RESUMO

O consumo de hortaliças tem aumentado devido à tendência de mudança no hábito alimentar do consumidor. Dentre as hortaliças de grande consumo no Brasil encontra-se a alface, *Lactuca sativa* L., caracterizada pela alta perecibilidade e, conseqüentemente, apresenta vida útil muito curta, é uma cultura plantada e consumida em todo o território brasileiro, não obstante as diferenças climáticas e os hábitos de consumo. A hidroponia é uma técnica que vem sendo muito difundida no país, principalmente no cultivo da alface, que é uma das hortaliças mais consumidas. A utilização de diferentes cores de filmes na cobertura desse sistema apresenta-se como uma técnica promissora para produção de diferentes espectros de transmitância na faixa visível, para melhoria na qualidade das plantas e aumentando a produtividade. Sendo assim, esta pesquisa teve como objetivo avaliar as respostas físicas das cultivares de alface 'Isabela' e 'Mondai' em sistema hidropônico mediante a utilização de filmes com coloração branca, azul, branca com malha vermelha e branca com malha aluminet. Medições de temperatura nos ambientes de cultivo e físicas como: comprimento e diâmetro do caule, tamanho, massa, número de folhas e cor das cultivares foram realizadas. Diferenças significativas foram reveladas em todos os parâmetros avaliados. A alface produzida em meio hidropônico com filme de cobertura com coloração branca apresentou um melhor desenvolvimento físico tanto para cv. Isabela quanto a Mondai. Enquanto a produção das duas cultivares em meio hidropônico protegido com filmes de cobertura azul e branco com malha aluminet apresentaram desenvolvimento físico inferior.

PALAVRAS-CHAVE: *Lactuca sativa* L.; Temperatura; Comprimento; Cor; cv. Isabela; cv. Mondai.

ARTICLE 1

REVIEWS PHYSICAL LETTUCES CULTIVARS PRODUCED IN SYSTEMS HYDROPONIC THROUGH ROOF USE WITH DIFFERENT COLORS

ABSTRAT

The consumption of vegetables has increased due to the change in trend in consumer eating habits. Among the major vegetable consumption in Brazil is the lettuce, *Lactuca sativa* L., characterized by highly perishable and therefore has very short shelf life, is planted and consumed in all of Brazil culture, despite the climatic differences and consumer habits. Hydroponics is a technique that has been widespread in the country, especially in the cultivation of lettuce, which is one of the most consumed vegetables. The use of different colors in the film coverage of the system is presented as a promising technique for producing different transmittance spectra in the visible range, for improvement in plant quality and increasing productivity. Thus, this study aimed to evaluate the physical responses of lettuce cultivars 'Isabela' and 'Mondai' hydroponically by using movies with white color, blue, white with red and white knitted mesh Aluminet. Temperature measurements in farming environments and physical as length and stem thickness, size, mass, number of leaves and color of the cultivars were carried out. Significant differences were revealed in all parameters. The lettuce produced in hydroponic middle with white color with cover film showed a better physical development for both cv. Isabela as the Mondai. While production of both cultivars among hydroponic protected with blue roof and white movies with mesh Aluminet had lower physical development.

KEYWORDS: *Lactuca sativa* L. ; Temperature; Length; Color; cv. Isabela; cv. Mondai.

1 INTRODUÇÃO

A alface, *Lactuca sativa* L., é uma planta anual, pertencente à família Asteracea, originária de clima temperado, sendo esta uma das hortaliças folhosas mais difundidas e consumidas no Brasil e no mundo. Cultivada mundialmente para o consumo em saladas, com inúmeras variedades de folhas, cores, formas, tamanhos e texturas.

No Brasil a alface é cultivada por vários agricultores, devido à sua facilidade de cultivo e precocidade de ciclo após o transplântio, sendo encontrada desde plantações com finalidade comercial como para subsistência. Em 2009, o Brasil era o 14º produtor mundial de hortaliças frescas, com 10,449 milhões de toneladas produzidas. A área cultivada com alface é de aproximadamente 35.000 hectares com a produção anual média de dois milhões de toneladas (FAO, 2015).

O manejo adequado na produção da alface pode influenciar positivamente na qualidade do produto final. Diversos fatores devem ser levados em consideração durante a produção, que incluem a cultivar, as condições meteorológicas, as práticas de irrigação e programas de controle de pragas que afetam a qualidade dos produtos colhidos e as suas propriedades sensoriais. Produção em cultivo fechado ajuda a garantir a qualidade da colheita uniforme comparado à produção no campo, porque as plantas não estão expostas diretamente às rápidas mudanças no clima (TUDELA et al., 2013).

Nos últimos anos têm sido desenvolvidos e adotados sistemas de cultivo protegido, principalmente o hidropônico, por viabilizar a produção durante o ano todo. Seu uso como técnica de cultivo comercial baseia-se no diferencial dado pelas vantagens comparativas aos demais sistemas de cultivo e demais grupos de culturas.

Em ambiente protegido a utilização de filmes de colorações diferentes está sendo utilizado de forma crescente por poder transmitir, bloquear ou refletir diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético e ofertando aos produtores um maior controle do rendimento das culturas. Poucas pesquisas foram realizadas sobre o impacto dos filmes sobre o crescimento vegetativo e a qualidade das culturas (SEMIDA et al., 2013). A avaliação do desempenho na qualidade física (tamanho, massa, número de folhas e cor) de cultivares para auxiliar os produtores nas tomadas de decisões está se tornando necessária. Com frequência são lançados e introduzidos novas cultivares de alface no mercado de sementes no Brasil com comportamentos morfológicos e fisiológicos desconhecidos, que demandam avaliações desses materiais em diversos locais e ambientes

de cultivo.

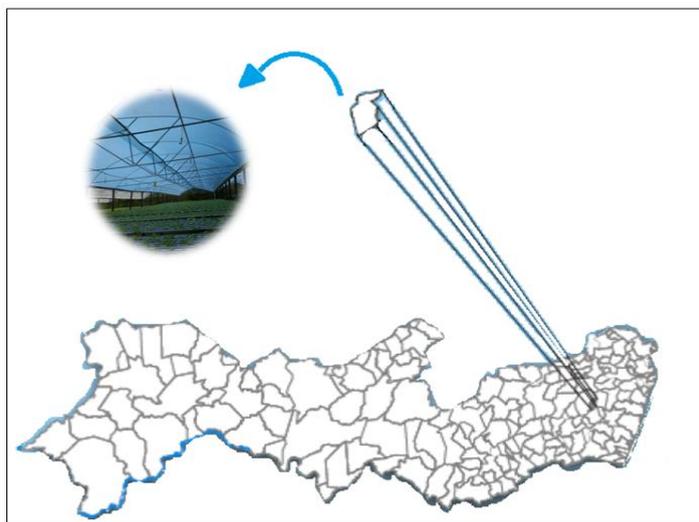
Sendo assim, esta pesquisa teve como objetivo avaliar as respostas físicas das cultivares de alface ‘Isabela’ e ‘Mondai’ em sistema hidropônico mediante a utilização de filmes com coloração branca, azul, branca com malha vermelha e branca com malha aluminet.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização dos experimentos

O experimento foi conduzido na Fazenda Colina Branca, no município de Chã Grande, localizado na mesorregião Mata e na Microrregião Vitória de Santo Antão do Estado de Pernambuco (Figura 1), situado a 8° 14' 18" de latitude e 35° 27' 42" de longitude com altitude de 470,0 m. O clima é do tipo Tropical Chuvoso com verão seco (BRASIL, 2005). A precipitação média anual é de 1039 mm (CLIMATE-DATA, 2015)

Figura 1- Detalhe da localização geográfica da região onde foram conduzidos os experimentos.



2.2 Cultivares

Foram utilizadas a cultivar ‘Isabela’ do tipo crespa, cor verde brilhante, porte

mediano, folhas largas, hábito de crescimento ereto, alta crespicidade, alto nível de resistência ao torcimento das plantas no inverno e ao pendoamento precoce e a cultivar vermelha/verde ‘Mondai’ do tipo crespa solta, adequada para o cultivo em sistema hidropônico, podendo ser cultivada em todas as regiões de clima ameno.

2.3 Caracterizações do sistema hidropônico e ambiente protegido

Os cultivos hidropônicos foram instalados e conduzidos em quatro ambientes protegidos. As casas de vegetação utilizadas para a realização dos experimentos foi tipo “Arco” geminada, construído em aço galvanizado e coberto com filmes de cobertura com coloração branca espessura 150 μ m (B), azul espessura 150 μ m, transmissão de luz PAR: 78% e difusão de luz PAR: 67% (A), branca (espessura 150 μ m) com malha vermelha com 35% de sombreamento (BV) e branca (espessura 150 μ m) com malha aluminet com proteção de sombra 59-61% e transmissão de luz difusa 60-61% (BA) (Figura 2).

Figura 2 – Casas de vegetação utilizadas nos os experimentos com alface em sistema hidropônico. A: casa de vegetação com filme de cobertura azul, B: casa de vegetação com filme de cobertura branca, BV: casa de vegetação com filme de cobertura branca com malha vermelha e BA: casa de vegetação com filme de cobertura branca com malha aluminet.



2.4 Temperatura

Para medições de temperatura usou-se um termômetro digital para ambiente em cada casa de vegetação avaliada no cultivo definitivo (Figura 3) anotando-se diariamente as temperaturas máxima, média e mínima °C.

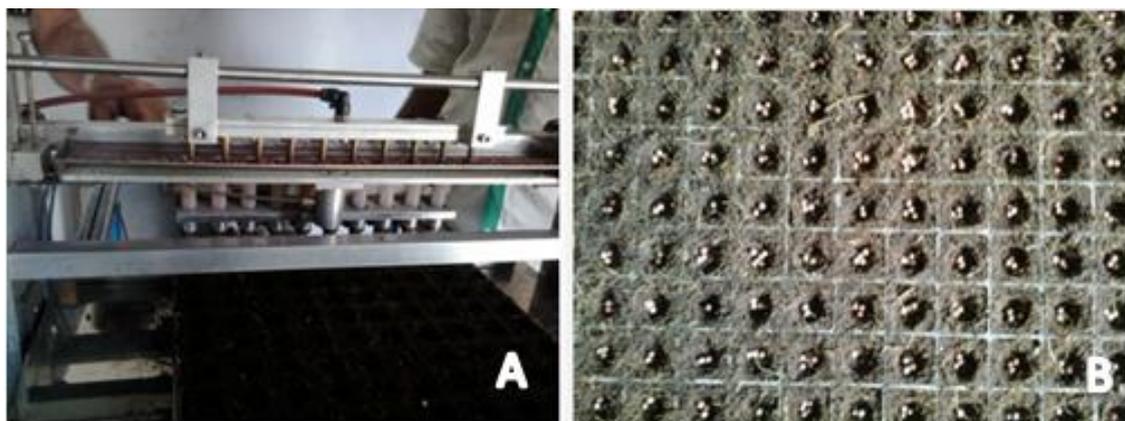
Figura 3 - Detalhe da localização do termômetro na casa de vegetação



2.5 Plantio e colheita

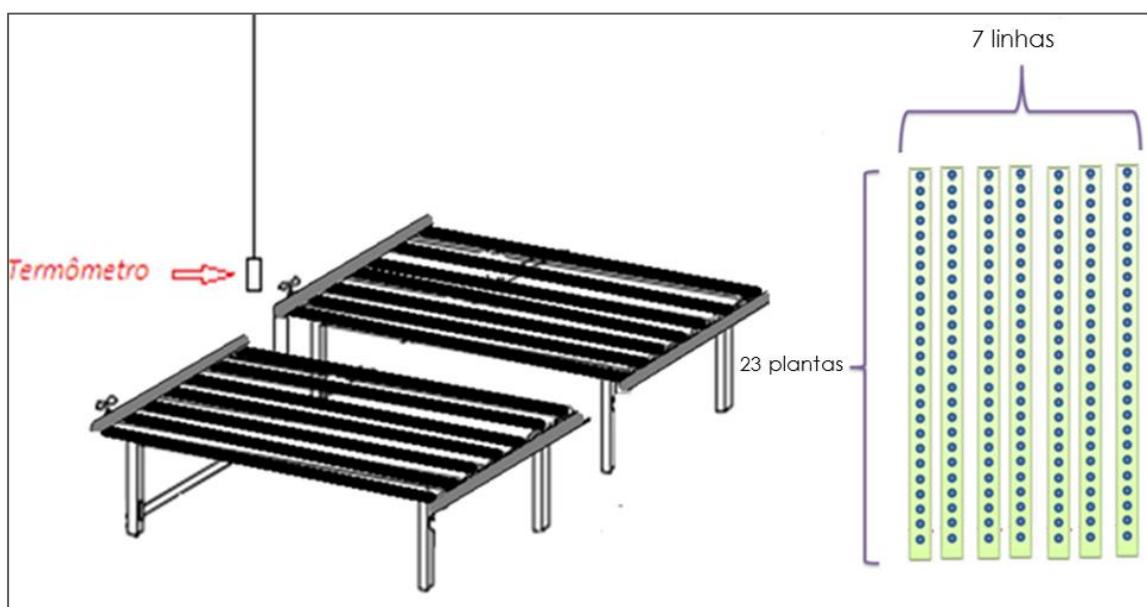
O plantio foi realizado no mês de outubro e a colheita em dezembro de 2014. Para tanto, no dia 24/10/2014 foram semeadas com auxílio de um semeador semi-automático, em bandejas de polietileno de 200 células, contendo substrato comercial (Figura 3). As bandejas foram mantidas em cultivo protegido na “maternidade” até ocorrer à emergência no quarto dia. O transplante para o “berçário” ocorreu no 12º dia para o sistema hidropônico com os filmes de coberturas de diferentes colorações no 21º dia.

Figura 4 – Semeador semi-automático (A) e Bandeja plástica de 200 células (B).



A parcela experimental do sistema foi composta por duas bancadas em cada casa de vegetação, com declividade de 5%. Em uma bancada foi plantada a alface cv. Isabela e na outra a cv. Mondai, sendo cada bancada formada por 7 fileiras com 23 espaços disponíveis para as plantas resultando um total, por bancada de 161 plantas. Para a colheita foi considerada a parcela útil representada pelas 5 fileiras centrais (Figura 4).

Figura 5 – Esquema da área experimental para cultivo hidropônico de alface



Aos 55 dias após o plantio realizou-se a colheita na parcela útil. Para saber o número de plantas que seriam colhidas utilizou-se a seguinte equação:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{(N-1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}$$

Onde:

n = Número de plantas

N = Tamanho do universo

Z = É o desvio do valor médio para alcançar o nível de confiança desejado.

Nível de confiança escolhido foi de 95%: $Z=1,96$

e = É a margem de erro máximo (p.e. 5%)

p = Proporção esperada

As alfaces foram colhidas nas primeiras horas do dia resultando em 280 plantas.

2.6 Avaliações físicas

O tamanho e massa foram avaliados sem o sistema radicular (Figura 6).

Figura 6: Retirada do sistema radicular para medição de tamanho e massa.



2.6.1 Tamanho (cm)

A altura das plantas foi determinada com o auxílio de uma fita métrica, medindo-se a planta do colo até a folha mais alta (Figura 7).

Figura 7 – Medições de altura das alfaces cv. Mondai e cv. Isabela



2.6.2 Massa (g)

Foi determinada pela massa das unidades amostrais das cultivares, por meio de balança digital da marca Toledo®, modelo 3400 com capacidade máxima de 30 kg e com erro de 1g (Figura 8).

Figura 8 – Pesagem da alface cv. Isabela



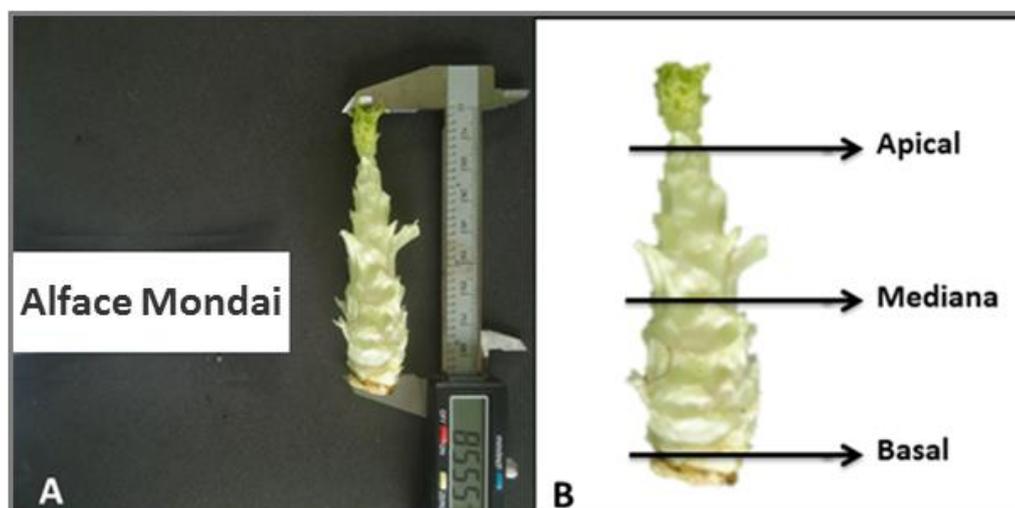
2.6.3 Número de Folhas

A contagem das folhas foi realizada nas mesmas plantas que foram pesadas e medidas.

2.6.4 Comprimento e diâmetro do Caule (mm)

O comprimento e diâmetro do caule foram obtidos após a retirada de todas as folhas das alfaces avaliadas, com a utilização de paquímetro da marca Mitutoyo com precisão de 0,1 mm; a determinação do diâmetro do caule foi realizada em três pontos: apical, mediana e basal (Figura 9).

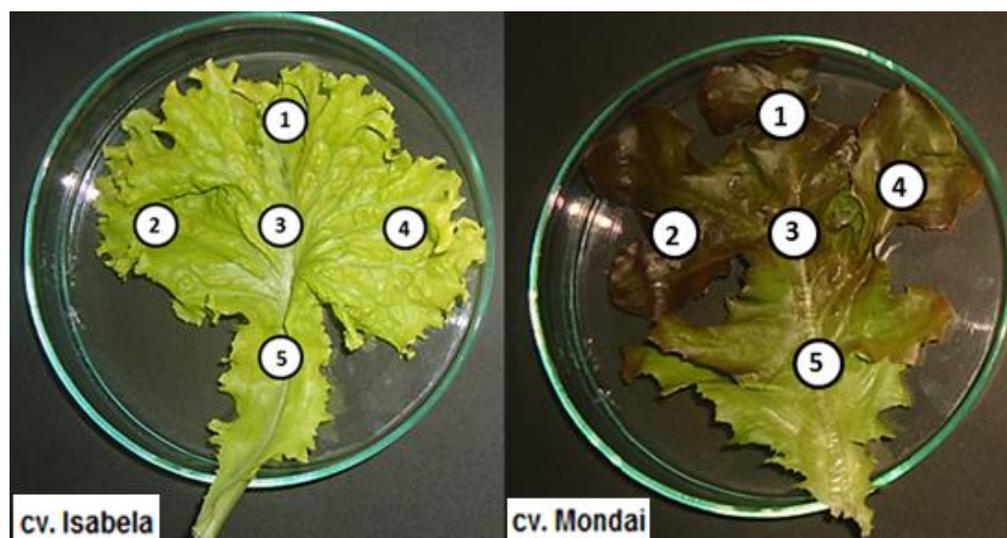
Figura 9 – Figura A: comprimento do caule e figura. B: diâmetro do caule de alface crespa solta verde



2.6.5 Coloração das folhas

A coloração da alface foi determinada por reflectometria, utilizando-se um colorímetro CR-400 (Konica Minolta®, Japão), calibrado em superfície de porcelana branca. As leituras foram expressas no módulo $L^*a^*b^*$ que, segundo a CIE (Commission Internationale de L'Eclairage), definem a cor: L^* a luminosidade, a^* a intensidade da cor vermelha e verde, e b^* a intensidade da cor amarela e azul (McGUIRE, 1992). Escolheu-se 5 (cinco) pontos, visto que, a tonalidade na área foliar da alface cv. Mondai é diferente em sua totalidade (Figura 10). Foram avaliadas 35 folhas de cada variedade. Para a cv. Isabela tirou-se uma média de 5 medições, enquanto a cv. Mondai as médias foram feitas com as 35 medidas em cada ponto.

Figura 10 – Pontos determinados para medição de cores das cultivares estudadas.



2.7 Tratamento estatístico

Os resultados submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e comparados pelo Teste de Tukey para identificar diferenças significativas entre as médias, usando o programa Statistica® 6.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA). Diferenças entre as médias em nível de 5% ($P < 0,01$) foram consideradas significativas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

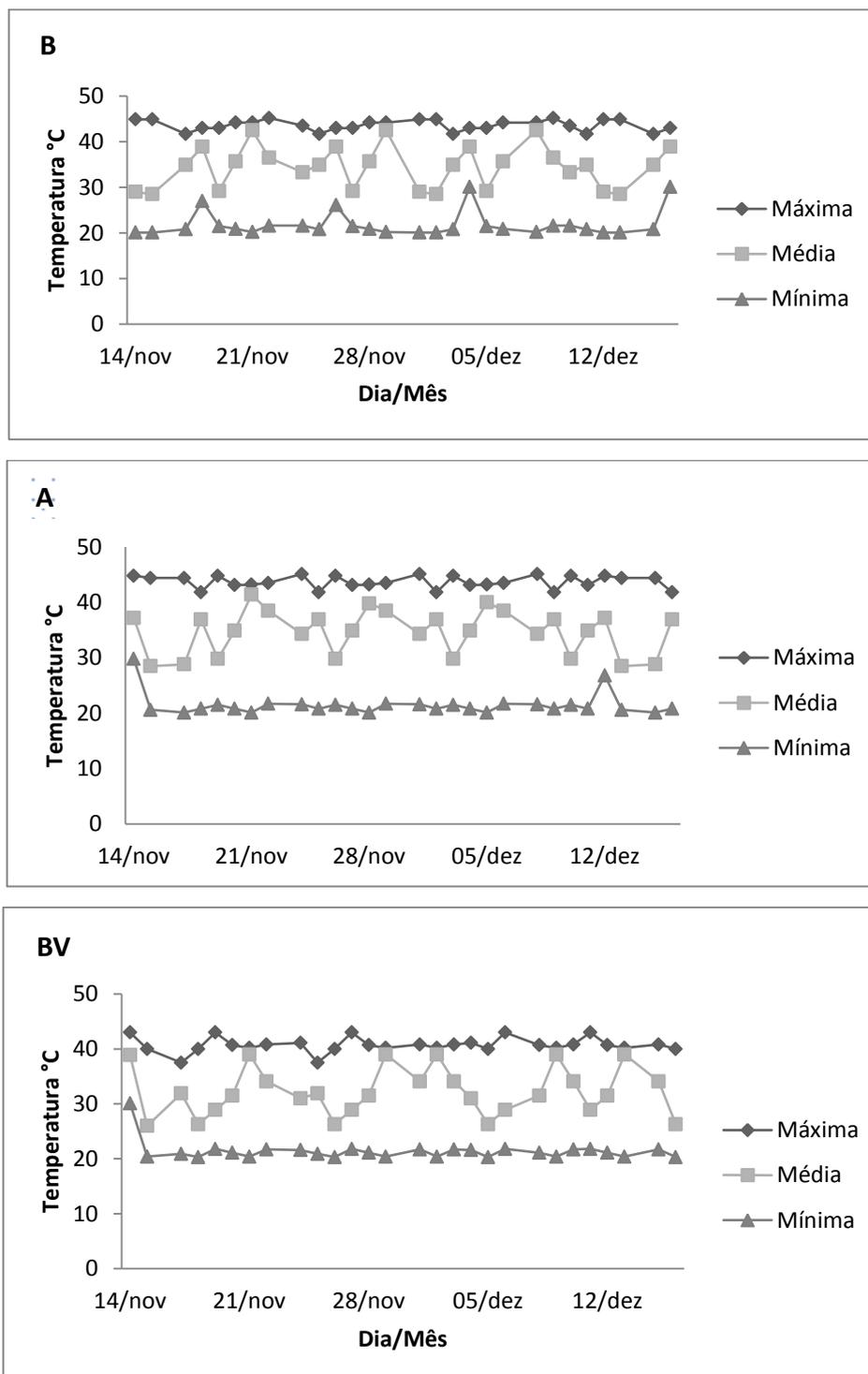
3.1 Temperatura

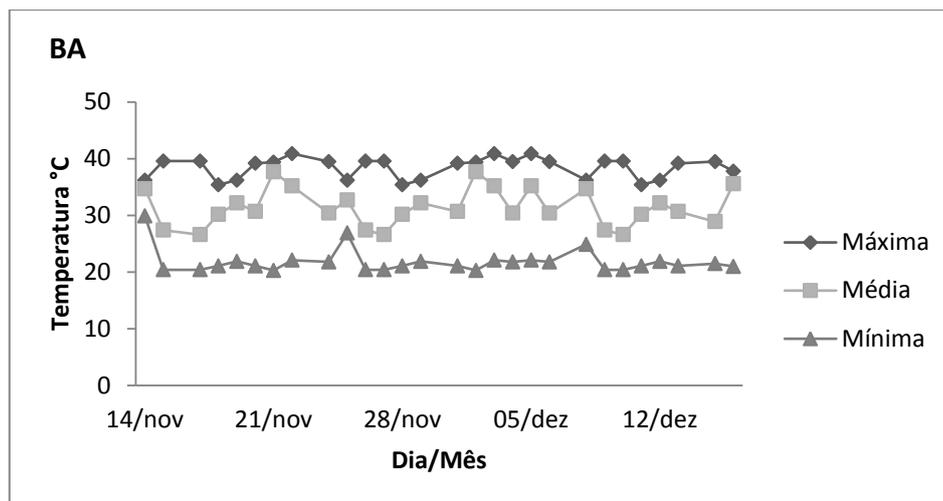
A temperatura em ambiente de produção é um dos parâmetros fortemente afetado pelo tipo de materiais de cobertura utilizado (SAMIDA et al., 2013). Observou-se uma variação na temperatura com a média mínima de 22,17°C na casa de vegetação BV e a média máxima de 45,30°C na casa de vegetação A (Figura 11). A casa de vegetação com o filme de cobertura BA apresentou estatisticamente significância com a menor variação da temperatura com média mínima de 22,63°C e média máxima de 39,84°C.

Temperaturas elevadas provocam alterações em diversos processos metabólicos da planta, e muitas vezes adverso, causando alterações no crescimento, desenvolvimento de processos fisiológicos e rendimento (HASANUZZAMAN et al., 2013). Dependendo da

localização, a produção de alface pode ser limitada durante os meses da primavera e verão por causa de temperaturas desfavoráveis que aumentam o risco de queimadura nas pontas e de folhas amargas (ZHAO; CAREY, 2009).

Figura 11 – Temperatura máxima, mínima e média durante os meses de novembro a dezembro de 2015 nas casas de vegetação com filmes de cobertura com coloração branca (B), azul (A), branca com malha vermelha (BV) e branca com malha aluminet (BA).





Altas temperaturas estão associadas com a redução do rendimento e a qualidade de alfaces durante o crescimento da cultura. Motivo esse que pode justificar a qualidade inferior das cultivares produzida na casa de vegetação com filme (A), a qual apresentou maior temperatura média durante o experimento. A Temperatura ótima de crescimento para a alface é em torno de 18,5° C, apesar de algumas cultivares serem tolerantes ao calor, e suportarem temperaturas mais altas, desde que as temperaturas noturnas sejam mais frias (HUFFMAN et al., 2012).

Carter et al. (2012) estudando alface e repolho, observaram que a temperatura de 35-38°C do ambiente afetou negativamente o crescimento das plantas. A ação da temperatura é um fator determinante nas mudanças dos estágios de desenvolvimento das plantas, sendo que, para diversas espécies de 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).

3.2 Tamanho

Os tamanhos médios das cultivares Isabela e Mondai cultivadas nas diferentes casas de vegetação apresentaram diferença significativa (Tabelas 1 e 2). As cultivares produzidas na casa de vegetação BV apresentaram os melhores resultados e, em seguida, as cultivadas na casa de vegetação B. Resultados inferiores, para ambas cultivares, foram encontrados naquelas cultivadas em casa de vegetação A e BA.

Diferentes cores de filmes de cobertura criam um ambiente específico que pode ter um efeito considerável sobre o crescimento e na qualidade da planta (LI; KUBOTA, 2009;

FRANQUERA, 2015). Segundo Fu et al., (2012), o efeito de promoção do crescimento só funciona bem dentro de um intensidade de luz, e que esta deve ser inferior ao seu ponto de saturação, nos seu achados valores entre 400 a 600 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ foram os mais eficientes na qualidade da alface. Em contraste, outro estudo revelou que o ponto de saturação da alface é entre 500-520 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Li., 2002).

Em geral, o crescimento da alface e as demais características da planta são beneficiadas com a elevada intensidade de luz (HEMMING et al., 2008). Lamnatou e Chemisana, (2013) reportaram reduções significativas na altura da planta com o aumento na transmissão de luz ou intensidade azul.

3.3 Massa

A massa fresca das duas cultivares de alface, nas casas de vegetação, com filmes de colorações diferentes demonstrou que o ambiente influenciou de forma significativa sobre este parâmetro (Tabelas 1 e 2). De uma forma geral, as cultivares produzidas na casa de vegetação B apresentou bom desempenho, isto é, maiores médias de massa fresca comercial, enquanto que as cultivares produzidas na casa de vegetação A resultaram em massas inferiores, médias de 0,72 e 0,83 g cv. Isabela e Mondai, respectivamente.

A cor dos filmes afeta a massa da alface, por refletir diferentes comprimentos de onda de luz. Em estudo com as características da folha da alface afetado pelos tipos de filmes de diferentes colorações, Franquera, (2015) indica que a luz refletida a partir da superfície do filme altera a qualidade espectral de luz com pequena diferença podendo aumentar o desenvolvimento de plantas em crescimento afetando a massa da planta. Condições de luz tm um efeito importante sobre a qualidade e produtividade de produtos hortícolas (FU et al., 2012).

3.4 Diâmetro e comprimento do Caule

Observa-se que a cobertura das casas de vegetação influenciou no comprimento do caule das cultivares (Tabelas 1 e 2). Os maiores valores foram constatados nas alfaces cultivadas em casas de vegetação BA e BV para cv. Mondai 87,01 e 85,65 mm, respectivamente, enquanto que a cv. Isabela cultivada em casa de vegetação (A) apresentou

caules com 133,10 mm.

Segundo Yuri et al. (2004), caules com até 60 mm seriam os mais adequados para alface, sendo aceitáveis até 90 mm. Na agricultura, o alongamento do caule em alface é indesejável, sinalizando o fim da sua comercialização como um vegetal (FUKUDA, 2011).

Em relação ao diâmetro do caule das alfaces, a parte basal foi maior em todas as casas de vegetação e a parte apical menor. As cultivares com caules de menor comprimento apresentaram maiores médias para os diâmetros (Tabelas 1 e 2). Jenni et al. (2003) relataram que o comprimento do caule mais curto indica maior qualidade para a alface crespa. Em avaliação de cultivares de alface crespa para a produção durante o inverno em um sistema hidropônico, Maboko e Du Plooy (2008) indicaram que o comprimento e diâmetro do caule foram interferidos pela temperatura.

Foi observado que para as cultivares produzidas na casa de vegetação (BA) apresentaram maior comprimento de caule e menor desempenho nas demais características avaliadas (massa fresca e número de folhas), segundo Santos et al., (2009) o comprimento do caule pode estar relacionado a uma maior suscetibilidade ao pendoamento.

3.5 Número de Folhas

A cv. Isabela apresenta valores médios de números de folhas significativamente superiores quando cultivadas em casas de vegetação B e BV, em relação as cultivadas em casas de vegetação A e BA (Tabela 1). A cv. Mondai também apresentou um menor número de folhas quando cultivada em casas de vegetação A e BA, porém não havendo diferença significativa entre elas (Tabela 2).

De acordo com Sala e Costa (2012), existe uma tendência no Brasil, semelhante ao ocorrido nos Estados Unidos e Europa, de se consumir as folhas de alface processadas e embaladas. Neste sentido, plantas que possuam maior número de folhas terão maior valor comercial.

Suinaga et al., (2013) avaliando o desempenho produtivo de cultivares de alface crespa em campo, encontraram valor médio de número de folhas para cv. Isabela de 29,58 folhas.planta⁻¹, superior ao apresentado neste estudo. O impacto do sistema de produção nos índices de qualidade em alface produzidas em casa de vegetação indicou que o ambiente de cultivo interfere no número de folhas nas plantas (MARÍA et al., 2013).

Tabela 1 – Parâmetros físicos da cultivar Isabela produzidas em sistemas hidropônicos mediante a utilização de coberturas com diferentes colorações

| Tratamento | Tamanho (cm) | Massa (g) | Número de folhas | Caule (mm) | | | |
|------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | | | Comprimento | Diâmetro basal | Diâmetro apical | Diâmetro central |
| B | 23,41 ^b ± 1,01 | 175 ^a ± 1,17 | 27,31 ^a ± 1,25 | 91,17 ^c ± 1,85 | 17,98 ^a ± 2,78 | 10,69 ^a ± 1,01 | 12,37 ^a ± 1,04 |
| BV | 28,40 ^a ± 1,12 | 146 ^b ± 2,22 | 24,34 ^b ± 1,07 | 114,40 ^b ± 1,99 | 13,49 ^b ± 1,83 | 7,58 ^b ± 1,21 | 8,75 ^b ± 1,05 |
| A | 21,05 ^c ± 1,09 | 072 ^c ± 2,26 | 22,08 ^c ± 1,84 | 76,64 ^d ± 1,75 | 10,15 ^c ± 2,91 | 4,05 ^c ± 1,05 | 4,83 ^c ± 1,07 |
| BA | 29,62 ^a ± 1,17 | 138 ^b ± 1,22 | 22,05 ^c ± 1,49 | 133,10 ^a ± 1,91 | 12,25 ^b ± 2,79 | 3,55 ^d ± 1,05 | 3,95 ^d ± 1,05 |

Os resultados foram expressos em média ± D.P. Valores na coluna com a mesma letra não diferem significativamente (P<0,05) pelo teste Tukey. Cada dado é a média de 35 valores.

B: Filme de cobertura branca, BV: Filme de cobertura branca com malha vermelha, A: Filme de cobertura azul e BA: casa de vegetação com filme de cobertura branca com malha aluminet.

Tabela 2 – Parâmetros físicos da cultivar Mondai produzidas em sistemas hidropônicos mediante a utilização de coberturas com diferentes colorações

| Tratamento | Tamanho (cm) | Massa (g) | Número de folhas | Caule (mm) | | | |
|------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | | | | Comprimento | Diâmetro basal | Diâmetro apical | Diâmetro central |
| B | 20,10 ^b ± 1,23 | 164 ^a ± 1,21 | 32,68 ^a ± 1,00 | 62,50 ^b ± 1,09 | 21,35 ^a ± 0,43 | 9,67 ^a ± 2,02 | 16,48 ^a ± 1,03 |
| BV | 22,28 ^a ± 1,31 | 141 ^b ± 1,02 | 30,68 ^b ± 1,21 | 85,65 ^a ± 1,17 | 15,89 ^b ± 0,37 | 8,99 ^b ± 1,33 | 13,54 ^b ± 1,28 |
| A | 18,17 ^c ± 1,11 | 083 ^d ± 1,29 | 29,02 ^c ± 1,15 | 58,28 ^b ± 1,23 | 13,13 ^c ± 0,51 | 4,01 ^c ± 1,03 | 4,99 ^c ± 1,15 |
| BA | 22,42 ^a ± 1,41 | 115 ^c ± 1,30 | 28,08 ^c ± 1,11 | 87,01 ^a ± 1,22 | 12,25 ^c ± 0,60 | 3,12 ^d ± 1,14 | 3,78 ^d ± 1,13 |

Os resultados foram expressos em média ± D.P. Valores na coluna com a mesma letra não diferem significativamente (P<0,05) pelo teste Tukey. Cada dado é a média de 35 valores.

B: Filme de cobertura branca, BV: Filme de cobertura branca com malha vermelha, A: Filme de cobertura azul e BA: casa de vegetação com filme de cobertura branca com malha aluminet.

3.6 Coloração das folhas

A cor é um dos atributos mais importantes que afeta a percepção do consumidor na qualidade do produto. Assim, desempenha um papel fundamental na preferência alimentar e aceitabilidade (MARIN et al., 2015). Os valores de L* (Tabela 3) para cv. Isabela diferiram estatisticamente entre as casas de vegetação com coberturas de diferentes colorações. O valor de L* varia de 0 a 100, sendo que os mais altos indicam maior reflectância da luz, traduzindo-se em alface de cor mais clara, o que foi possível observar principalmente na cultivar produzida na casa de vegetação A e BA. A cultivar produzida nas casas de vegetação B e BV apresentaram folhas de cores mais escuras.

Tabela 3: Parâmetros colorimétricos das folhas da alface ‘Isabela’ produzida em sistemas hidropônicos mediante a utilização de coberturas com diferentes colorações.

| Tratamento | Variáveis | | |
|------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | L* | a* | b* |
| B | 56,44 ^b ± 2,48 | -18,03 ^a ± 1,98 | 14,49 ^c ± 2,04 |
| BV | 54,98 ^c ± 2,01 | -16,03 ^b ± 2,00 | 15,81 ^c ± 2,14 |
| A | 58,58 ^a ± 1,92 | -9,99 ^d ± 1,82 | 20,38 ^b ± 2,23 |
| BA | 58,34 ^a ± 2,21 | -14,88 ^c ± 2,26 | 29,81 ^a ± 2,32 |

Os resultados foram expressos em média ± D.P. Valores na coluna com a mesma letra não diferem significativamente (P<0,05) pelo teste Tukey

L*: luminosidade, variação do mais escuro (0) para o mais claro (100), a*: variações das cores (-a) para o vermelho (+a), b*: variação do azul (-b) para o amarelo (-b).

B: Filme de cobertura branca, BV: Filme de cobertura branca com malha vermelha, A: Filme de cobertura azul e BA: casa de vegetação com filme de cobertura branca com malha aluminet.

O Valor de a* indica tendência à coloração vermelha (a+) e verde (a-). Os valores de a para cv. Isabela foram negativo indicando a tonalidade verde da planta. Os maiores valores de a* foram encontrados nas alfaces cultivadas em casa de vegetação com filmes B e BV e menores em casa de vegetação A e BA. Quanto mais positivos para b* indicam amostras com coloração amarelada, os resultados para as cultivares produzidas em casa de vegetação A e BA foram maiores, cujas médias diferiram significativamente dos valores encontrados para as cultivares produzidas em casa de vegetação B e BA. O amarelecimento em vegetais verdes devido à perda de clorofila é inaceitável pelos consumidores (SHEWFELT, 2003).

Para cultivar Mondai os valores de L* (Tabela 4) diferiram estatisticamente entre as casas de vegetação com coberturas com diferentes filmes. O valor de L* no ponto 1 nas

alfaces cultivadas em casa de vegetação com filme BA foi maior em relação aos demais tratamentos indicando tonalidades mais claras para as alfaces. A cultivar produzida em casa de vegetação B e BV não apresentaram diferença estatística entre elas, com menores valores indicando folhas com tonalidade mais escura.

Tabela 4: Parâmetros colorimétricos das folhas da alface ‘Mondai’ produzida em sistemas hidropônicos mediante a utilização de coberturas com diferentes colorações.

| Tratamento | Variáveis | | | |
|------------|-----------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | Pontos | L* | a* | b* |
| B | 1 | 42,04 ^c ± 2,26 | 13,59 ^a ± 2,56 | 13,97 ^b ± 3,26 |
| BV | | 42,05 ^c ± 3,62 | 13,12 ^a ± 2,53 | 13,00 ^b ± 2,28 |
| A | | 44,55 ^b ± 2,95 | 11,15 ^c ± 3,52 | 10,06 ^c ± 2,86 |
| BA | | 58,15 ^a ± 3,48 | 12,43 ^b ± 1,76 | 16,58 ^a ± 1,63 |
| B | 2 | 45,67 ^b ± 2,69 | 9,12 ^a ± 1,96 | 21,82 ^a ± 1,80 |
| BV | | 42,13 ^c ± 3,05 | 9,28 ^a ± 3,30 | 16,78 ^c ± 2,46 |
| A | | 61,90 ^a ± 2,62 | 6,48 ^d ± 2,24 | 19,52 ^b ± 1,18 |
| BA | | 61,26 ^a ± 3,31 | 8,80 ^b ± 3,09 | 19,70 ^b ± 1,64 |
| B | 3 | 43,13 ^d ± 2,38 | 9,91 ^a ± 2,20 | 15,34 ^c ± 1,69 |
| BV | | 45,67 ^b ± 3,69 | 9,46 ^a ± 2,63 | 16,75 ^b ± 2,79 |
| A | | 51,66 ^b ± 1,80 | 7,81 ^b ± 1,74 | 16,80 ^b ± 1,81 |
| BA | | 54,05 ^a ± 2,78 | 7,64 ^b ± 2,01 | 17,15 ^a ± 1,95 |
| B | 4 | 44,85 ^b ± 2,69 | 9,62 ^a ± 3,92 | 12,71 ^b ± 1,19 |
| BV | | 44,65 ^b ± 2,02 | 9,97 ^a ± 3,98 | 15,13 ^a ± 1,88 |
| A | | 44,85 ^b ± 2,69 | 5,92 ^b ± 2,76 | 12,46 ^b ± 1,75 |
| BA | | 56,90 ^a ± 3,59 | 5,92 ^b ± 2,76 | 12,46 ^b ± 1,75 |
| B | 5 | 44,08 ^c ± 3,54 | -10,33 ^a ± 1,38 | 13,02 ^c ± 2,51 |
| BV | | 43,81 ^c ± 2,87 | -10,23 ^a ± 2,72 | 17,68 ^a ± 3,53 |
| A | | 56,44 ^b ± 2,85 | -8,63 ^c ± 2,62 | 15,60 ^b ± 2,70 |
| BA | | 64,45 ^a ± 1,60 | -9,71 ^b ± 2,71 | 15,89 ^b ± 1,90 |

Os resultados foram expressos em média ± D.P. Valores na coluna com a mesma letra não diferem significativamente (P<0,05) pelo teste Tukey

L*: luminosidade, variação do mais escuro (0) para o mais claro (100), a*: variações das cores (-a) para o vermelho (+a), b*: variação do azul (-b) para o amarelo (-b).

B: Filme de cobertura branca, BV: Filme de cobertura branca com malha vermelha, A: Filme de cobertura azul e BA: casa de vegetação com filme de cobertura branca com malha aluminet.

Para os pontos 2, 3, 4 e 5 os valores de L* foram menores para as alfaces cultivadas nas casas de vegetação B e BV, diferindo daquelas em casa de vegetação A e BA que apresentaram maiores valores.

Os valores de a* foram positivos nos pontos 1, 2, 3, 4 indicando tonalidade

vermelha. O ponto 5 foi negativo em todos os tratamentos apresentando sua tonalidade mais para a cor verde. A alface deve aparentar o frescor que é associado pela cor e turgência. O consumidor geralmente associa sabor agradável, com cores mais atrativas pela tonalidade característica de cada vegetal. A ausência de manchas ou sinais de declínio também é de extrema importância na qualidade (PATHARE et al., 2013).

Os valores e as distribuições de clorofilas e antocianinas em alface contribuem significativamente para a cor da folha e apelo do produto (GAZULA et al., 2007). A cor estar fortemente influenciada pela genética e entre os fatores ambientais, luz / radiação e temperatura são as duas variáveis climáticas mais influentes (MARIN et al., 2015).

Os resultados indicam que a alface cv. Mondai tem duas tonalidades de cor, a área mais basal com tonalidade mais próxima ao verde, a área mediana e apical mais próximas do vermelho.

4 CONCLUSÃO

A utilização de filmes de cobertura com colorações diferentes em casa de vegetação altera acentuadamente a temperatura no ambiente protegido. As casas de vegetação com filmes de cobertura branca e branca com vermelho apresentaram plantas com maior desenvolvimento e melhor qualidade nas avaliações realizadas, para ambas cultivares.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEZERRA NETO, F.; ROCHA, R. C. C.; NEGREIROS, M. Z.; ROCHA, R. H.; QUEIROGA, R. C. F. Produtividade de alface em função de condições de sombreamento e temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 189-192, 2005.

CARTER, S.; SHACKLEY, S.; SOHI, S.; SUY, T. B.; HAEFELE, S. The impact of biochar application on soil properties and plant growth of pot grown lettuce (*Lactuca sativa*) and cabbage (*Brassica chinensis*). **Agronomy**, v. 3, n. 2, p. 404-418, 2013.

CEMEK, B.; ÜNLÜKARA, A.; KARAMAN, S.; GÖKALP, Z. Effects of evapotranspiration and soil salinity on some growth parameters and yield of lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*). **Zemdirbyste= Agriculture**, v. 98, n. 2, p. 139-148, 2011.

FAO. **Production and area of vegetable crops**. FAOSTAT database, 2013. Disponível em <<http://www.apps.fao.org>>. Acesso Jun. 2015>.

FRANQUERA, E. N. Leaf Morphological Characteristics of Leaf Lettuce (*Lactuca Sativa* L.) As Affected by Different Colored Plastic Mulch. **Current Agriculture Research Journal**, v. 3, n. 1, p. 20-25, 2015.

FU, W.; LI, P.; WU, Y.; TANG, J. Effects of different light intensities on anti-oxidative enzyme activity, quality and biomass in lettuce. **HortScience**, v. 39, p. 129-134, 2012.

FUKUDA, M.; MATSUO, S.; KIKUCHI, K.; KAWAZU, Y.; FUJIYAMA, R.; HONDA, I. Isolation and functional characterization of the FLOWERING LOCUS T homolog, the LsFT gene, in lettuce. **Journal of plant physiology**, v. 168, n. 13, p. 1602-1607, 2011.

GAZULA, A.; KLEINHENZ, M. D.; SCHEERENS, J. C.; LING, P. P. Anthocyanin levels in nine lettuce (*Lactuca sativa*) cultivars: Influence of planting date and relations among analytic, instrumented, and visual assessments of color. **HortScience**, v. 42, n. 2, p. 232-

238, 2007.

HASANUZZAMAN, M.; NAHAR, K.; ALAM, M. M.; ROYCHOWDHURY, R.; FUJITA, M. Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. **International journal of molecular sciences**, v. 14, n. 5, p. 9643-9684, 2013.

HERMES, C. C.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; CARON, B.; POMMER, S. F.; BIANCHI, C. Emissão de folhas de alface em função de soma térmica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 2, p. 269-275, 2001.

LAMNATOU, C.; CHEMISANA, D. Solar radiation manipulations and their role in greenhouse claddings: Fluorescent solar concentrators, photoselective and other materials. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 27, p. 175-190, 2013.

LI, Q.; KUBOTA, C. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. **Environmental and Experimental Botany**, v. 67, n. 1, p. 59-64, 2009.

MARÍA, G. G.; MARÍA DEL RM, M. V.; SARA, I. R. Impact of production system on quality indices distribution in butterhead lettuce: a comparative study among open field and greenhouse. **Journal of Human Nutrition & Food Science**, v. 3, n. 241, p. 2, 2013.

MARIN, A.; FERRERES, F.; BARBERÁ, G. G.; GIL, M. I. Weather Variability Influences Color and Phenolic Content of Pigmented Baby Leaf Lettuces throughout the Season. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 63, n. 6, p. 1673-1681, 2015.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. J. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 1, p. 36-60, 2013.

SALA, F.C.; COSTA, C.P. A evolução da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**. v. 23 p.820-824, 2012.

SANTOS, C. L. D.; JUNIOR, S. S.; LALLA, J. G. D.; THEODORO, V. C. D. A.; NESPOLI, A. Desempenho de cultivares de alface tipo crespa sob altas temperaturas em Cáceres-MT. **Agrarian**, v. 2, n. 3, p. 87-98, 2009.

SEMIDA, W. M.; HADLEY, P.; SOBEIH, W.; EL-SAWAH, N. A.; BARAKAT, M. A. S. The influence of thermic plastic films on vegetative and reproductive growth of iceberg lettuce «Dublin». **World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Agricultural, Biosystems Science and Engineering**, v. 7, n. 7, p. 243-248, 2013.

TUDELA, J. A.; MARÍN, A.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A.; LUNA, M. C.; GIL, M. I. . Preharvest and postharvest factors related to off-odours of fresh-cut iceberg lettuce. **Postharvest Biology and Technology**, v. 86, p. 463-471, 2013.

WALLACE, R. W.; WSZELAKI, A. L.; MILES, C. A.; COWAN, J. S.; MARTIN, J.; ROOZEN, J.; INGLIS, D. A. Lettuce yield and quality when grown in high tunnel and open-field production systems under three diverse climates. **HortTechnology**, v. 22, n. 5, p. 659-668, 2012.

YURI, J. E.; RESENDE, G. M. D.; RODRIGUES, J. J.; MOTA, J. H.; SOUZA, R. D. Efeito de composto orgânico sobre a produção e características comerciais de alface americana. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 1, p. 127-130, 2004.

ZHAO, X.; CAREY, E. E. Summer production of lettuce, and microclimate in high tunnel and open field plots in Kansas. **HortTechnology**, v. 19, n. 1, p. 113-119, 2009.

ARTIGO 2

POTENCIAL ANTIOXIDANTE E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE ALFACES CULTIVADAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO COM FILMES DE COBERTURAS COM DIFERENTES COLORAÇÕES

RESUMO

A alface, *Lactuca sativa* L., é uma das hortaliças de grande consumo no Brasil. As propriedades benéficas da alface na saúde humana são atribuídas ao seu baixo valor calórico, seu fornecimento de vitaminas, fibras e fitoquímicos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial antioxidante e caracterizar quanto às propriedades físico-químicas de cultivares de alfaces “Isabela” e “Mondai” em sistema hidropônico mediante a utilização de filmes de cobertura com coloração branca, azul, branca e malha vermelha e ainda branca com malha aluminet. Para tanto, foram realizadas análises de umidade, atividade de água, sólidos solúveis, ácido ascórbico, fibra alimentar. Além de quantificação dos fitoquímicos: clorofila, antocianina, compostos fenólicos e potencial antioxidante. Ao comparar os resultados físico-químicos entre os tratamentos observaram-se diferenças significativas tanto na cv. Isabela como na cv. Mondai, sendo os melhores resultados obtidos nas Casas de vegetação branca e vermelha. Os pigmentos clorofila e antocianina foram afetados pelos filmes de cobertura, o teor de compostos fenólicos, atividade sequestrante do radical livre DPPH e ABTS apresentaram valores superiores com filme branco com malha vermelha e branca, enquanto resultados inferiores foram encontrados com filmes azul e branco com malha aluminet. Essas diferenças ocorridas nas cultivares foram devido às mudanças do espectro de luz dentro das Casas de vegetação devido à coloração dos filmes de coberturas, ocasionando diferentes respostas na composição química das cultivares. Tais resultados sugerem que a utilização de filmes de coberturas pode proporcionar uma ação nas qualidades físico-químicas e fitoquímicas nas alfaces.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L.; Pigmentos; Fitoquímicos

ARTICLE 2

POTENTIAL ANTIOXIDANT AND CHARACTERIZATION PHYSICOCHEMICAL OF LETTUCES CULTIVATED IN HYDROPONIC SYSTEM WITH ROOF WITH FILMS DIFFERENT COLORS

ABSTRAT

Among the large consumption of vegetables in Brazil, is the lettuce, *Lactuca sativa* L. The beneficial properties of lettuce on human health are attributed to its low calorific value, supply of vitamins, fiber and phytochemicals. The objective of this study was to evaluate the antioxidant potential and characterize as the physicochemical properties of lettuce cultivars Isabela and Mondai hydroponically by using cover films with white color, blue, white and red mesh and still Aluminet with white mesh. Therefore, moisture analyzes were performed, water activity, soluble solids, ascorbic acid, dietary fiber. In addition to quantification of phytochemicals: chlorophyll, anthocyanins, phenolic compounds and antioxidant potential. By comparing the physicochemical results between treatments were observed significant differences in both cv. Isabela as in cv. Mondai, being the best results obtained in white and red greenhouses. The pigment chlorophyll and anthocyanin were affected by the coverage of films, the content of phenolic compounds, scavenging activity of free radical DPPH and ABTS showed higher values with white film with red and white mesh, while lower results were found with blue and white movies with mesh Aluminet. These differences occurred in cultivars were due to changes in the spectrum of light inside the greenhouses because of the color of roofing films, resulting in different responses in the chemical composition of the cultivars. These results suggest that the use of roofing films can provide an action on the physicochemical qualities and phytochemical in lettuce.

Keywords: *Lactuca sativa* L.; pigments; phytochemicals

1 INTRODUÇÃO

A alface, *Lactuca scariola* L., é uma das hortaliças mais difundida e consumida no Brasil, tendo grande importância na economia do país e na alimentação da população. As propriedades pró-saúde da alface são atribuídas ao seu baixo valor calórico, seu fornecimento de vitaminas, micro e macronutrientes, fibras e outros fitoquímicos, incluindo polifenóis (ZLOTEK et al., 2014).

Entre os vários fatores ambientais, a luz é uma das variáveis mais importantes que afeta as concentrações de fitoquímicos em plantas (LI, 2009). As propriedades de um produto saudável são atribuídas a uma grande quantidade de compostos antioxidantes (por exemplo, vitaminas C e E, carotenóides, polifenóis) e o conteúdo de fibra (BASLAM, 2013). Outros fitoquímicos em alface que contribuem para as propriedades sensoriais e de promoção da saúde são antocianinas e clorofilas (LI et al., 2010), sendo antocianinas mais abundantes em cultivares de pigmentação vermelha (LLORACH et al., 2008). Fatores na pré-colheita como variação de cultivares, condições climáticas, locais de crescimento também influencia significativamente o nível de fitoquímicos em frutas e hortaliças (TIWARI; CUMMINS, 2013).

Conhecer os sistemas de produção agrícola é de fundamental importância para o desenvolvimento da cultura, e conseqüentemente suas interferências nas características físico-químicas e nutricionais. Nos últimos anos têm sido desenvolvidos e adotados sistemas de cultivo protegido, principalmente o hidropônico em culturas de alface. A alface é uma das hortaliças usada em maior escala em sistemas hidropônicos (CARVALHO, 2015). Uma das vantagens da produção neste sistema é a expectativa de colheita devido ao encurtamento do ciclo da planta; mostrando rápido retorno econômico, dispensando a rotação de culturas. Além disso, o cultivo hidropônico tem sido relatado, não só para ser associado aos rendimentos de produção mais elevados, mas também para permitir melhor controle e padronização do processo de cultivo, reduzindo assim os custos de produção globais (DOMINGUES, 2012).

Em ambientes protegidos utiliza-se de diversas variedades de filmes e telas destinadas ao controle de luminosidade, que são oferecidas pelos mercados nacional e internacional, e cada dia mais tem conquistado produtores rurais, que podem conferir na prática, os benefícios de seu uso (MONTEIRO, 2011). Mudanças de espectro de luz evocam diferentes respostas morfogênicas e fotossintéticas que podem variar entre diferentes espécies vegetais. Tais

respostas são de importância prática nas últimas tecnologias de cultivo de plantas, uma vez que a viabilidade de adaptar espectros permite uma iluminação propositalmente para controlar o crescimento das plantas, desenvolvimento e qualidade nutricional (LIN et al., 2013). Os filmes utilizados nas casas de vegetação altera o equilíbrio de radiação interna em relação à redução da entrada de luz ambiente externa por pelo menos 30%, que podem afetar a qualidade da alface (MARÍA et al., 2013).

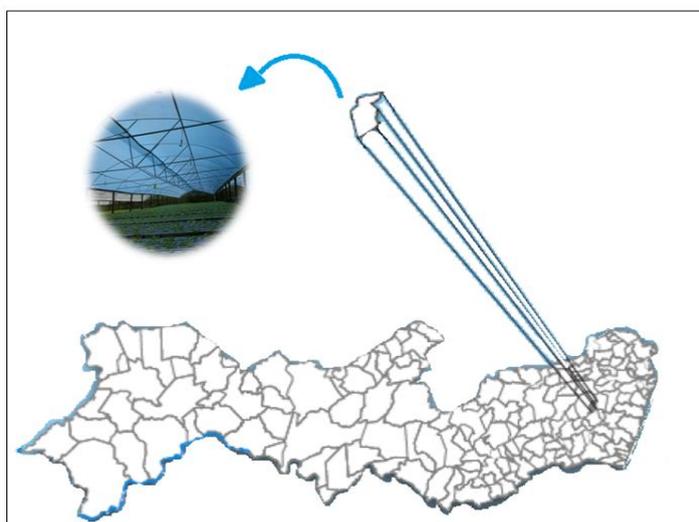
Face a estas novidades no cultivo de alfaces, a proposição deste estudo foi avaliar o potencial antioxidante e características físico-químicas das cultivares de alface ‘Isabela’ e ‘Mondai’ em sistema hidropônico mediante a utilização de filmes com coloração branca, azul, branca e malha vermelha e branca com malha aluminet.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização dos experimentos

O experimento foi conduzido na Fazenda Colina Branca, no município de Chã Grande, localizado na mesorregião Mata e na Microrregião Vitória de Santo Antão do Estado de Pernambuco (Figura 1), situado a 8° 14' 18" de latitude e 35° 27' 42" de longitude com altitude de 470,0 m. O clima é do tipo Tropical Chuvoso com verão seco (BRASIL, 2005). A precipitação média anual é de 1039 mm (CLIMATE-DATA, 2015)

Figura 1- Detalhe da localização geográfica da região onde foram conduzidos os experimentos.



2.2 Cultivares

Foram utilizadas a cultivar ‘Isabela’ do tipo crespa, cor verde brilhante, porte mediano, folhas largas, hábito de crescimento ereto, alta crespicidade, alto nível de resistência ao torcimento das plantas no inverno e ao pendoamento precoce e a cultivar vermelha/verde ‘Mondai’ do tipo crespa solta, adequada para o cultivo em sistema hidropônico, podendo ser cultivada em todas as regiões de clima ameno.

2.3 Caracterizações do sistema hidropônico e ambiente protegido

Os cultivos hidropônicos foram instalados e conduzidos em quatro ambientes protegidos. As casas de vegetação utilizadas para a realização dos experimentos foi tipo “Arco” geminada, construído em aço galvanizado e coberto com filmes de cobertura com coloração branca espessura 150 μ m (B), azul espessura 150 μ m, transmissão de luz PAR: 78% e difusão de luz PAR: 67% (A), branca (espessura 150 μ m) com malha vermelha com 35% de sombreamento (BV) e branca (espessura 150 μ m) com malha aluminet com proteção de sombra 59-61% e transmissão de luz difusa 60-61% (BA) (Figura 2).

Figura 2 – Casas de vegetação utilizadas nos os experimentos com alface em sistema hidropônico. A: casa de vegetação com filme de cobertura azul, B: casa de vegetação com filme de cobertura branca, BV: casa de vegetação com filme de cobertura branca com malha vermelha e BA: casa de vegetação com filme de cobertura branca com malha aluminet.



2.4 Temperatura

Para medições de temperatura usou-se um termômetro digital para ambiente em cada casa de vegetação avaliada no cultivo definitivo (Figura 3), anotando-se diariamente as temperaturas máxima, média e mínima °C.

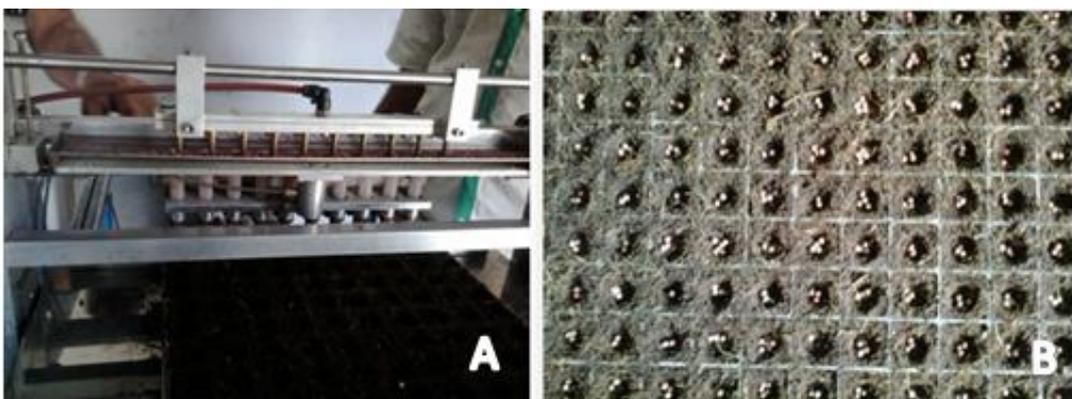
Figura 3 - Detalhe da localização do termômetro na casa de vegetação



2.6 Plantio e colheita

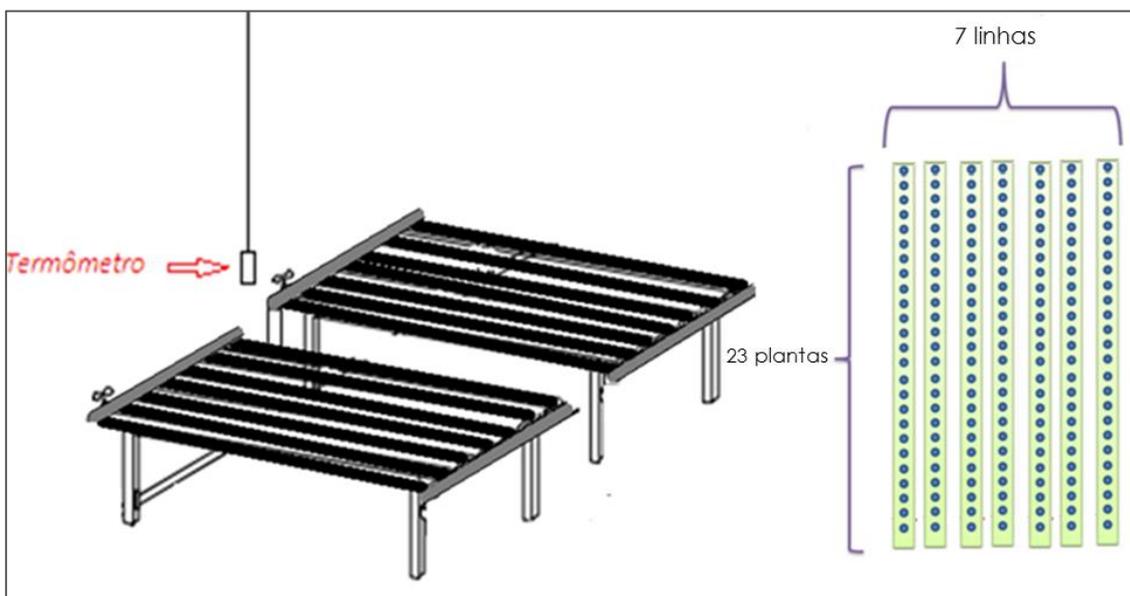
O plantio foi realizado no mês de outubro e a colheita em dezembro de 2014. Para tanto, no dia 24/10/2014 foram semeadas com auxílio de um semeador semi-automático, em bandejas de polietileno de 200 células, contendo substrato comercial (Figura 3). As bandejas foram mantidas em cultivo protegido na “maternidade” até ocorrer à emergência no quarto dia. O transplante para o “berçário” ocorreu no 12º dia e para o sistema hidropônico com os filmes de coberturas de diferentes colorações no 21º dia.

Figura 4 – Semeador semi-automático (A) e Bandeja plástica de 200 células (B).



A parcela experimental do sistema foi composta por duas bancadas em cada casa de vegetação, com declividade de 5%. Em uma bancada foi plantada a alface cv. Isabela e na outra a cv. Mondai, sendo cada bancada formada por 7 fileiras com 23 espaços disponíveis para as plantas resultando um total, por bancada de 161 plantas. Para a colheita foi considerada a parcela útil representada pelas 5 fileiras centrais (Figura 4).

Figura 5 – Esquema da área experimental para cultivo hidropônico de alface



Aos 55 dias após o plantio realizou-se a colheita na parcela útil. Para saber o número de plantas que seriam colhidas utilizou-se a seguinte equação:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{(N-1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}$$

Onde:

n = Número de plantas

N = Tamanho do universo

Z = É o desvio do valor médio para alcançar o nível de confiança desejado.

Nível de confiança escolhido foi de 95%: $Z=1,96$

e = É a margem de erro máximo (p.e. 5%)

p = Proporção esperada

As alfaces foram colhidas nas primeiras horas do dia resultando em 280 plantas.

2.5 Avaliações Físico-químicas

2.5.1 Umidade

Realizada pelo método descrito pela AOAC (2002) e balança de infravermelho modelo ID 50. As amostras foram trituradas com Mixer da marca Philips Walita RI1364 e colocadas no equipamento.

2.5.2 Sólidos solúveis (SS)

Os sólidos solúveis foram determinados por refratometria, e foi utilizado o refratômetro digital marca Reichert Analytical Instruments r² mini, com correção automática de temperatura. Os resultados foram expressos em °Brix, conforme AOAC (2005).

2.5.3 Atividade de água (aw)

Foi determinada utilizando o Analisador de Atividade de Água por Ponto de Orvalho com Controle Interno da Temperatura da Amostra (AQUALAB). As amostras foram trituradas com Mixer Philips Walita RI1364 e colocadas no equipamento.

2.5.4 Ácido Ascórbico

Foi obtido por titulometria usando a solução de DFI (2,6 dicloro-fenol-indofenol) até coloração rósea clara permanente, utilizando 1g de amostra diluída em 100 mL de ácido oxálico/ácetico. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico.100g⁻¹ de acordo com as normas analíticas da AOAC (2002).

2.5.5 Fibra alimentar

Os teores de fibra alimentar foram quantificados utilizando método não-enzimático gravimétrico (AOAC, 2002). As folhas (internas e externas) das alfaces foram trituradas, pesadas (5,0000 g), misturadas com 20 mL de água destilada e colocadas em banho-maria a 37°C por 90 minutos. Após o banho-maria 100 mL de álcool a 95% foi adicionado e

deixado em repouso por uma hora em temperatura ambiente, em seguida a amostra foi transferida para os cadinhos de filtração porosidade # 2 (40-60 μ) para iniciar a filtração (Figura 5) e as lavagens das amostras com 20mL de álcool a 78%, 20 mL de álcool a 95% e 20 mL de acetona. Após a lavagem, todas as repetições foram deixadas por uma noite na Casa de vegetação a 105 °C. Os cadinhos foram resfriados em dessecador e em seguida as amostras foram pesadas.

Figura 5 – Sistema de filtração a vácuo.



Após a pesagem, foi determinado o teor de proteína e o teor de cinzas da amostra. O teor de fibra alimentar total foi calculado pela equação 1:

$$\% \text{ Fibra alimentar} = \frac{R - P - A - B}{P \text{ amostra (mg)}} \times 100 \quad \text{equação 1}$$

$$\text{Peso do resíduo} = P_2 - P_1$$

$$\text{Peso da cinza} = P_3 - P_1$$

B = Branco

R = Média do peso do resíduo (mg)

P = Média do peso da proteína (mg)

A = Média do peso das cinzas (mg)

P₁ = Peso do cadinho + celite (a 105°C)

P₂ = Resíduo (a 105°C) + celite + cadinho

P₃ = Cinzas + celite + cadinho

2.6 Quantificação dos Principais Fitoquímicos

2.6.1 Clorofila e carotenoides

Os teores de clorofila a, clorofila b, clorofila total e carotenoides totais foram determinados pelo método químico de ARNON (1949) onde 2g do material vegetal foi macerado em Mixer Philips Walita RI1364 e adicionado de 0,2g de carbonato de cálcio e 7mL de acetona 80%. Em seguida, o extrato foi filtrado em papel filtro qualitativo, diretamente em balão de 25 mL, envolto com papel alumínio, sendo que, após a primeira filtragem o resíduo do papel de filtro foi lavado três vezes com 5 mL de acetona 80%. Posteriormente, o balão foi aferido com acetona 80%. As absorvâncias do extrato foram lidas em um espectrofotômetro (Shimadzu UV-1650PC) no comprimento de ondas de 470nm, 646nm e 663nm, utilizando cubetas de quartzo. Os teores de clorofila a, clorofila b, clorofila total e carotenoides totais foram estimados com base nas seguintes equações (LICHTENTHALER, 1987):

$$\text{Clorofila a } (\mu\text{g/g}) = 12,25 \times A_{663} - 2,79 \times A_{647}$$

$$\text{Clorofila b } (\mu\text{g/g}) = 21,50 \times A_{647} - 5,10 \times A_{663}$$

$$\text{Clorofila T } (\mu\text{g/g}) = 7,15 \times A_{663} + 18,71 \times A_{647}$$

$$\text{Carotenóides } (\mu\text{g/g}) = \{1000 \times A_{490} - (1,82 \times Ca - 104,96 \times Cb)\}/198$$

Ca: Clorofila a

Cb: Clorofila b

2.6.2 Atividade antioxidante (ABTS^{•+})

Determinada segundo o método descrito por RE et al. (1999). O radical ABTS^{•+} (ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin 6-sulfônico)) foi gerado a partir da reação da solução aquosa de ABTS (7 mM) com 2,45 mM de persulfato de potássio. Esta solução foi mantida ao abrigo da luz, em temperatura ambiente por 16h. Em seguida, a

solução do radical foi diluída em etanol até obter uma medida de absorvância de $0,7 \pm 0,095$, em comprimento de onda de 734 nm. Os extratos com diferentes concentrações de fenólicos (0,5; 1,0 e 1,5 $\mu\text{g/mL}$), em triplicata, foram adicionados a solução do $\text{ABTS}^{\bullet+}$ e a absorvância medida, após 6 minutos, em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1650PC) a 734 nm. A capacidade antioxidante da amostra foi calculada em relação à atividade do antioxidante sintético Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico), nas mesmas condições, utilizando uma curva de calibração de Trolox (100-1300 μM , com $R=0,9953$), e os resultados foram expressos em atividade antioxidante equivalente ao Trolox ($\mu\text{Mol TEAC.g}^{-1}$).

2.6.3 Capacidade de sequestrar o radical DPPH

A atividade antioxidante foi avaliada pela capacidade de sequestrar o radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazina ($\text{DPPH}^{\bullet+}$), descrito por Brand-Williams et al. (1995) modificado por Miliauskas et al., (2004). O extrato foi adicionado à solução DPPH (100 M) em metanol e a absorvância a 517 nm foi monitorada, em espectrofotômetro Shimadzu, modelo UV-1650PC (Japão) até o tempo em que ocorreu o equilíbrio, ou seja, a reação atingiu o platô. A capacidade de sequestrar o radical $\text{DPPH}^{\bullet+}$ foi expressa em percentual, calculada em relação ao branco (sem antioxidante), de acordo com Equação (2):

$$\% \text{ sequestro} = (\text{Abs branco} - \text{Abs da amostra} / \text{Abs branco}) \times 100$$

2.6.4 Fenólicos totais

Para determinação do teor de compostos fenólicos totais foi adotada a metodologia descrita por Wettasinghe e Shahidi (1999), utilizando o método espectrofotométrico, com uso de reagente Folin-Ciocalteu (Merck) e curva padrão de ácido gálico. Os resultados foram expressos em mg fenólicos totais em equivalente de ácido gálico (EAG) mg.100g da amostra, medido em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1650PC). Para quantificação dos compostos fenólicos foi empregada uma curva padrão de ácido gálico, obtendo-se a equação da reta expressa por $Y=0,001115 x - 0,00862$, com $r^2=0,99965$.

2.6.5 Antocianinas

Foram quantificadas de acordo com a metodologia proposta por Lees e Francis (1972). As folhas foram maceradas e os pigmentos foram extraídos com uma solução de etanol 95% e HCl 1,5 N (85:15 v/v). As folhas maceradas e a solução permaneceram em contato à 4°C por 12 horas, quando as amostras foram filtradas e os resíduos lavados com a solução extratora até a remoção completa dos pigmentos. Após um período de repouso em completa ausência de luz por 2 horas à temperatura ambiente, as leituras foram realizadas em espectrofotômetro, a 535 nm. Os resultados foram expressos em mg de AC ou cianidina 3-glicosídeo por 100 g-1 e o teor de AC foi obtido de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Antocianinas Totais: mg.100g}^{-1} \text{ da amostra} = \frac{\text{abs} \times V \times 100}{98,2 \times p}$$

2.7 Tratamento estatístico

As determinações foram realizadas em triplicata e seus resultados submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e comparados pelo Teste de Tukey para identificar diferenças significativas entre as médias, usando o programa Statistica® 6.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA). Diferenças entre as médias no nível de 1% (P<0,01) foram consideradas significativas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Umidade

Na Tabela 1 estão os valores médios de umidade das cultivares em função das casas de vegetação. A análise de variância na cv. Isabela revelou que houve diferença estatística entre as casas de vegetação B, A, BV e BA, sendo que estas duas últimas não diferiram entre si. Constatou-se que os maiores valores de umidade foram encontrados nas casas de vegetação BV e BA (94,93% e 94,69%, respectivamente). Para cv. Mondai os teores de

umidade das alfaces produzidas nas casas de vegetação B, BV, A e BA diferiram significativamente entre si, apresentando valores médios de 93,39%; 94,67%; 91,97%; 92,37% respectivamente. Estes valores encontram-se compatível com os resultados obtidos por MARÍA et al. (2013) que comparam o impacto do sistema de produção da alface de coloração verde produzida no campo e em casa de vegetação, apresentando valores médio de 91,57 e 95.53 %, respectivamente. A média para cultivar roxa de acordo com o Departamento de Agricultura dos EUA [USDA] fica em torno de 95,64%.

Estudo sobre a composição química e valores energéticos de espécies vegetais apresenta valores de umidade em alface (*Lithuania*) de 95,72% (JANUŠKEVIČIUS et al., 2012). Valores superiores foram encontrados por Vinha et al., (2015) quando avaliaram 11 hortaliças verdes.

3.2 Sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis nas alfaces diferiram significativamente entre as amostras (Tabela 1). O maior valor foi obtido com o tratamento na casa de vegetação A para a cultivar Isabela (3,7 °Brix) na casa de vegetação B e BA, ambas com 3,8° Brix casa de vegetação. Valores menores foram encontrados no tratamento com a casa de vegetação BA com valor de 3,2° Brix e para a cultivar Mondai o menor valor encontrado foi de 3,5° Brix.

Estudo sobre o efeito do gotejamento sobre as características da produtividade em alface em condições de casa de vegetação encontrou valores de sólidos solúveis entre 3,1 e 3,2 °Brix. Moreira et al. (2006) avaliando os efeitos de temperaturas na qualidade pós-colheita de folhas de alface, encontraram valores próximos entre 3,06 e 3,9 °Brix. Silva et al., (2011) pesquisando a qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico encontraram para este ultimo sistema, valores entre 2,9 e 3,0° Brix.

3.3 Atividade de água

Não houve variação significativa para a atividade de água nas alfaces das cv. Mondai e cv. Isabela (Tabela 1) cultivadas nas casas de vegetação com diferentes filmes de cobertura. Rico et al. (2008) encontraram valores entre 0,98 e 0,99 para alface America quando avaliaram a sua qualidade e extensão da vida útil. De acordo com Lewicki (2009)

a atividade de água da alface é em torno de 0,996 confirmando o alto teor de água destas folhosas.

Por causa do alto teor de água em sua composição química a alface se torna altamente sensível e pode facilmente deteriorar-se (WANG et al., 2013). Para aumentar o tempo de conservação e reduzir as perdas pós-colheita, é importante que se conheça e utilize as práticas adequadas de manuseio durante as fases de colheita, armazenamento, comercialização e consumo.

3.4 Fibra alimentar

As amostras de alface da cv. Isabela apresentaram teores de $1,82\text{g}\cdot 100^{-1}$ na casa de vegetação B; $1,80\text{g}\cdot 100^{-1}$ na casa de vegetação BV; $1,65\text{g}\cdot 100^{-1}$ na casa de vegetação A e $1,85\text{g}\cdot 100^{-1}$ na casa de vegetação BA. Na cv. Mondai houve variação significativa entre as casas de vegetação (Tabela 1). Maiores valores foram encontrados na alface da casa de vegetação BA com ($1,86\text{g}\cdot 100^{-1}$), seguido pelas casas de vegetação B, BV e A ($1,60\text{g}\cdot 100^{-1}$).

Menezes et al. (2015) encontraram valor médio de fibra para alface crespa de $1,3\text{g}\cdot 100^{-1}$ em estudo sobre o impacto energético da fibra dietética de alimentos brasileiros. Valor inferior aos encontrados para as cultivares Isabela e Mondai, esta diferença pode ser decorrente das características genéticas de cada cultivar e do ambiente em que foram produzidas.

3.5 Ácido ascórbico

Os diferentes filmes de cobertura influenciaram significativas os teores de ácido ascórbico das cultivares estudadas (Tabela 1). Para a cv. Isabela os maiores resultados foram encontrados nas cultivadas em casas de vegetação B ($14,7\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) e BV ($13,9\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) e os menores em casas de vegetação A e BA ($11,1\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ e $10,8\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$, respectivamente). Os resultados encontrados para a cv. Mondai foram maiores nas cultivadas em casa de vegetação BV ($10,06\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) e B ($9,98\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$). Durazzo et al., (2014) encontraram teores de ácido ascórbico entre 4,69 e $15,67\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ em alface cv. Capitata L. produzidas em casa de vegetação. Em estudos com cultivares de alface em sistema hidropônico campo aberto, Luna et al., (2012) verificaram valores de ácido

ascórbico para cultivar de coloração verde entre 11,00 e 17,00 mg.100g⁻¹ e para cultivar de coloração roxa 12,00 e 20,00 mg.100g⁻¹. Para as cultivares ‘Santoro RZ’ e ‘Kibou RZ’ o teor de ácido ascórbico variou de 10,06 a 42,30 mg.100g⁻¹ (GOVEDARICA-LUČIĆ, 2014). O teor de ácido ascórbico em frutas e hortaliças pode ser influenciado por vários fatores, como diferenças de genótipos, condições climáticas, pré-colheita, práticas culturais, métodos de colheita e os procedimentos de manuseio pós-colheita.

Quanto maior for à intensidade da luz durante o crescimento, maior é o conteúdo de vitamina C em tecidos de plantas (LEE et al., 2000; KOSMA et al., 2013). A luminosidade que entra na casa de vegetação é um fator importante para cada cultura que tem um requisito específico de absorção de luz (LAMNATOU; CHEMISANA, 2013). Produtos cultivados em sistemas de produção diferentes podem ocasionar alterações nos teores de ácido ascórbico e podem estar relacionados com as taxas de absorção das radiações solares. A enzima L-galactose desidrogenase (L-GalDH) é a responsável pela síntese de ácido ascórbico e sua atividade sofre efeito das diferentes taxas de luminosidade, conforme observado em alface cv. Baronet (OH, CAREY; RAJASHEKAR, 2009).

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos das cultivares ‘Isabela’ e ‘Mondai’ cultivadas em sistema hidropônico com filmes de coberturas com diferentes colorações.

| Tratamento | Umidade | | Sólidos solúveis totais (°Brix) | | Atividade de água (Aw) | | Fibra alimentar (g.100 ⁻¹) | | Ácido ascórbico (mg.100g ⁻¹) | |
|------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------|---------------------------|
| | cv. Isabela | cv. Mondai | cv. Isabela | cv. Mondai | cv. Isabela | cv. Mondai | cv. Isabela | cv. Mondai | cv. Isabela | cv. Mondai |
| B | 93,93 ^b ± 0,46 | 93,39 ^b ± 0,96 | 3.5 ^{ab} ± 0,11 | 3.8 ^a ± 0,15 | 0.99 ^a ± 0,001 | 0.99 ^a ± 0,003 | 1,82 ^{ab} ± 0,001 | 1,73 ^b ± 0,002 | 14,7 ^a ± 0,53 | 9,98 ^b ± 0,24 |
| BV | 94,93 ^a ± 0,33 | 94,67 ^a ± 0,21 | 3.4 ^{bc} ± 0,11 | 3.5 ^b ± 0,10 | 0.99 ^a ± 0,002 | 0.98 ^a ± 0,002 | 1,80 ^b ± 0,002 | 1,72 ^b ± 0,003 | 13,9 ^b ± 0,37 | 10,06 ^a ± 0,18 |
| A | 92,59 ^c ± 0,23 | 91,97 ^d ± 0,44 | 3.7 ^a ± 0,15 | 3.5 ^{ab} ± 0,10 | 0.99 ^a ± 0,001 | 0.99 ^a ± 0,001 | 1,65 ^c ± 0,001 | 1,60 ^c ± 0,001 | 11,1 ^c ± 0,62 | 8,97 ^c ± 0,11 |
| BA | 94,69 ^a ± 0,08 | 92,37 ^c ± 0,17 | 3.2 ^c ± 0,05 | 3.8 ^{ab} ± 0,11 | 0.99 ^a ± 0,007 | 0.99 ^a ± 0,002 | 1,85 ^a ± 0,003 | 1,86 ^a ± 0,002 | 10,8 ^d ± 0,81 | 7,89 ^d ± 0,27 |

Os resultados foram expressos em média ± D.P. Valores na coluna com a mesma letra não diferem significativamente (P<0,01) pelo teste Tukey

B: Filme de cobertura branca, BV: Filme de cobertura branca com malha vermelha, A: Filme de cobertura azul e BA: casa de vegetação com filme de cobertura branca com malha aluminet.

3.6 Clorofila e carotenoides

Os valores médios e os desvios-padrão das concentrações de clorofila a, b e total, e dos carotenoides totais em todas as casas de vegetação com diferentes filmes de cobertura são apresentados na Tabela 2.

As concentrações de clorofila (a) na cv. Isabela apresentaram diferenças significativas entre as casas de vegetação, sendo superiores nas cultivadas em casa de vegetação B (13,7 mg.g⁻¹) e BV (12,9 mg.g⁻¹) e inferiores para as casas de vegetação A (8,3 mg.g⁻¹) e BA (7,7 mg.g⁻¹). Observa-se diferenças significativas entre os teores de clorofila (b) nos tratamentos, sendo que as alfaces cultivadas em casa de vegetação A (3,7 mg.g⁻¹) e BA (3,2 mg.g⁻¹) apresentaram os menores valores. As concentrações totais de clorofilas (a+b) foram diferente para a cultivar em todos os tratamentos, variando de 10,9 a 19,9 mg.g⁻¹, sendo aquela em casa de vegetação B a que apresentou maior valor e a casa de vegetação BA com menor concentração.

Os teores de carotenoides totais para as duas variedades de alface estudadas diferiram estatisticamente a nível de 1% em todas as casas de vegetação. Novamente observa-se que os maiores teores foram para as alfaces cultivadas nas casas de vegetação B e BV (0,51 e 0,49 mg.g⁻¹), respectivamente. Pérez-López et al. (2015) avaliando duas cultivares de alface ‘Loiro de Paris’ e ‘Batavia folha de carvalho’ observaram que a proporção de carotenoides totais e clorofilas é positivamente correlacionada com o grau de excesso de luz; uma alta intensidade de luz pode aumentar a qualidade de ambas as cultivares de alface. No entanto, esta resposta depende do genótipo.

Os teores de clorofila total verificados para as variedades de alface neste experimento foram superiores àqueles apresentados por Baslam et al. (2013) para alfaces cv. Cogollos, Batavia e Maravilla, entre 6,0 mg.g⁻¹ e 12,5 mg.g⁻¹, enquanto que as concentrações de carotenoides totais ficaram entre 1,1 e 2,0 mg.g⁻¹, superiores aos encontrados na cultivar ‘Isabela’. Esta discordância de resultados deve-se as diferenças peculiares de cada cultivar, condições climáticas e o local de produção como a luminosidade ocasionada pelos filmes de coberturas nas casas de vegetação, que são completamente diferentes.

(LIN et al., 2013) mencionam que a diferença ocorrida nos teores de clorofila pode ser devido às mudanças de luzes espectrais dentro de cada casa de vegetação, que ocasiona diferentes respostas morfogenéticas e fotossintéticas que podem variar entre diferentes espécies vegetais. Luz extremamente forte, muitas vezes diminui o teor de clorofila nas folhas

das plantas por causa da inibição da formação de cloroplastos. Em contraste, sob a luz fraca, o número de cloroplastos por unidade de área foliar em folhas de plantas diminui (FU, 2012). As plantas tendem a adaptar o seu teor de pigmento de clorofila ao espectro de luz. Sob a luz azul isoladamente em comparação com luz branca, o teor de clorofila total pode diminuir em algumas espécies (WANG et al., 2014).

Tabela 2 – Teores de clorofilas, carotenoides totais e Antocianina das cv. ‘Isabela’ e ‘Mondai’ cultivadas em sistema hidropônico com filmes de coberturas com diferentes colorações.

| Tratamento | cv. Isabela | | | cv. Mondai | |
|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|
| | Clorofia a (mg.g ⁻¹) | Clorofia b (mg.g ⁻¹) | Clorofia Total (mg.g ⁻¹) | Carotenóides (mg.g ⁻¹) | Antocianina (mg.100g ⁻¹) |
| B | 13,7 ^a ± 0,72 | 6,2 ^a ± 0,31 | 19,9 ^a ± 0,71 | 0,51 ^a ± 0,34 | 1,58 ^b ± 0,51 |
| BV | 12,9 ^b ± 0,91 | 5,7 ^b ± 0,53 | 18,9 ^b ± 0,87 | 0,49 ^a ± 0,65 | 1,89 ^a ± 0,72 |
| A | 8,3 ^c ± 0,54 | 3,7 ^c ± 0,77 | 12,0 ^c ± 0,97 | 0,31 ^b ± 0,27 | 1,21 ^c ± 0,37 |
| BA | 7,7 ^d ± 0,71 | 3,2 ^d ± 0,29 | 10,9 ^d ± 0,91 | 0,27 ^c ± 0,39 | 1,03 ^d ± 0,65 |

Os resultados foram expressos em média ± D.P. Valores de coluna com a mesma letra não diferem significativamente (P<0,01) pelo teste Tukey

B: Filme de cobertura branca, BV: Filme de cobertura branca com malha vermelha, A: Filme de cobertura azul e BA: casa de vegetação com filme de cobertura branca com malha aluminet.

3.7 Antocianinas

Foi observado diferença significativa (p<0,01) no teor de antocianinas total em todos os tratamentos (Tabela 2), mostrando um maior teor para as alfaces produzidas na casa de vegetação BV (1,89 mg.100g⁻¹).

Neocleous et al., (2014) encontraram valores entre 17 e 37 mg.100g⁻¹ para cv. Sanguine. Para as variedades Red Rapids, Lollo Rosa e Falbala. Hipol e Dionisio-Sese (2014) acharam valores médios de acordo com a intensidade da luminosidade entre 25 mg.100g⁻¹, 180 mg.100g⁻¹ e 160 mg.100g⁻¹, respectivamente. Essas diferenças de valores podem ser atribuídas às características de cada genótipo e alguns fatores ambientais que podem aumentar a produção de antocianina como a alta irradiação/luminosidade e temperatura extrema (STUTTE; EDNEY; SKERRITT, 2009; LAMNATOU; CHEMISANA, 2013).

Pérez-López et al., (2015) detectaram aumentos nos níveis de antocianinas nas

cultivares por eles estudadas em resposta a altas intensidades de luz. A luminosidade é uma das variáveis mais importantes que afetam as concentrações de antocianinas em plantas (LIU et al., 2015).

3.8 Compostos Fenólicos Totais

Os filmes de cobertura das casas de vegetação influenciaram significativamente na concentração dos compostos fenólicos totais em ambas cultivares como mostra a Tabela 3. Os melhores resultados para cv. Isabela foram encontrados para as alfaces cultivadas em casa de vegetação B e BV 4,33 e 4,35 mg EAG.g⁻¹ de fenólicos, respectivamente. Para a cv. Mondai a casa de vegetação BV apresentou o maior teor de fenólicos 20,56 mg EAG.g⁻¹.

Garrido et al., (2014) encontraram teores de fenólico entre 12 e 15 mg EAG.g⁻¹ para a cultivar verde. Em estudo em sistema de produção do tipo fechado com utilização de lâmpada UV-A, -B e - C em alface, Baslam et al., (2013) determinaram valores entre 0,4 e 2,0 mg.g⁻¹. Enquanto que Li e Kubota (2009) mostram os efeitos da qualidade de luz em cultivar vermelha, interferiu nos valores de fenólicos achando valores entre 42,56 e 46,24 mg EAG.g⁻¹ indicando que houve um aumento na concentração em 6% de fenólicos.

Diferenças significativas para o conteúdo de compostos fenólicos entre cultivares de diferentes colorações também foram observadas por Lee et al. (2013) e Hassimotto, Genovese e Lajolo (2005), as cultivares de coloração avermelhada apresentaram maior teor de compostos fenólicos em relação às de coloração verde.

O conteúdo de compostos fenólicos em frutas e hortaliças é geralmente afetado por fatores genéticos e ambientais, tais como a cultivar, fatores abióticos como luminosidade e temperatura ou indutores químicos (Swieca et al., 2012). Li e Kubota (2009) investigando o efeito da qualidade de luz LED em diferentes fitoquímicos em alface vermelha, mostraram um efeito significativo de compostos fenólicos sob iluminação fluorescente suplementado com LEDs de coloração vermelha e utilização de LEDs azuis e verde não influenciou no acúmulo de compostos fenólicos (LEE et al. 2010).

A luz influencia a síntese e a acumulação de compostos fenólicos, um excesso de luz pode induzir uma série de metabólitos secundários com propriedades antioxidantes em muitas espécies de plantas, incluindo a alface (SAMUOLIENE et al., 2011)

Tabela 3: Teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante (ABTS e DPPH) de alfaces cultivares: Isabela e Mondai cultivadas em casas de vegetação com diferentes coberturas

| Tratamento | cv. Isabela | | | cv. Mondai | | |
|------------|-----------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------|
| | TEAC (μM trolox/g) | DPPH% 30' | Fenólicos ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) | TEAC (μM trolox/g) | DPPH% 30' | Fenólicos ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) |
| B | 53,2 ^b | 60,1 ^b ± 0,31 | 4,33 ^a ± 0,04 | 72,1 ^b | 65,2 ^b ± 0,09 | 19,92 ^b ± 0,29 |
| BV | 60,1 ^a | 64,2 ^a ± 0,17 | 4,35 ^a ± 0,02 | 76,8 ^a | 68,3 ^a ± 0,11 | 20,56 ^a ± 1,42 |
| A | 40,1 ^c | 53,1 ^c ± 0,67 | 4,19 ^b ± 0,25 | 64,1 ^c | 55,1 ^c ± 0,25 | 18,81 ^c ± 1,84 |
| BA | 39,7 ^c | 52,7 ^c ± 0,35 | 4,15 ^b ± 0,12 | 60,7 ^d | 54,7 ^c ± 0,12 | 16,01 ^d ± 1,38 |

Os resultados foram expressos em média \pm D.P. Valores de coluna com a mesma letra não diferem significativamente ($P < 0,01$) pelo teste Tukey

B: Filme de cobertura branca, BV: Filme de cobertura branca com malha vermelha, A: Filme de cobertura azul e BA: casa de vegetação com filme de cobertura branca com malha aluminet.

3.9 Capacidade de sequestrar o radical DPPH

A capacidade de sequestrar o radical DPPH das cultivares de alface ‘Isabela’ e ‘Mondai’ estão resumidas na Tabela 3. Foram encontradas diferenças significativas ($P < 0,01$) entre as diferentes coberturas. Para as duas cultivares produzidas na casa de vegetação BV a atividade sequestradora foi maior, 64,2% para cv. Isabela e 68,3% cv. Mondai. Porém aquelas cultivadas em casa de vegetação A e BA apresentaram atividade antioxidante inferiores.

Liu et al., (2007) avaliando a atividade antioxidante de 25 cultivares de alfaces encontraram valores médios de 84,2% e 61,4%, próximos aos apresentados neste estudo. Em estudo sobre o efeito da irradiação suplementar em alface-de-cordeiro Wojciechowska et al., (2015) apresentaram atividades inferiores entre 26,08% e 15,25%. Olle; Viršile (2013) mostraram que a iluminação vermelha causou um aumento na atividade de captura do radical DPPH em alface. O impacto da variação da luz sobre as propriedades antioxidantes das cultivares de alface ‘Lollo Rossa’, ‘Red Rapids’ e ‘Falbala’ foi demonstrado por Hipoll e Sese (2014), cujo aumento da luz causou um correspondente aumento na atividade antioxidante das alfaces.

3.10 Atividade antioxidante (ABTS^{•+})

Os melhores resultados encontrados para as duas cultivares estudadas neste trabalho em relação à ABTS^{•+} foram para as alfaces produzidas em casa de vegetação BV e B, as quais diferiram estatisticamente entre si. (Tabela 3).

Tiveron et al., (2012) encontraram valores superiores para a atividade antioxidante de hortaliças e em especial para alfaces. Alfaces de coloração vermelha apresentaram valores de atividade antioxidante entre 93,4 e 647,8 μM trolox/g superiores à atividade de alfaces verdes 61,3; 89,5 e 193,2 μM trolox/g (LLORACH et al., 2008).

Os resultados apresentados das cultivares ‘Isabela’ e ‘Mondai’ foram superiores aos relatos anteriores sobre a atividade antioxidante de outras variedades de alfaces verdes e vermelhas (Cano e Arnao 2005; Ozgen e Sekerci 2011; Lee et al. 2013). As diferenças na concentração de fitoquímicos e atividade antioxidante entre as plantas dependem da genética, estágio de desenvolvimento, condições ambientais, processo de extração para análises e o método de quantificação (VIACAVA, 2015).

4 CONCLUSÕES

A composição físico-química das cultivares de alfaces ‘Isabela’ e ‘Mondai’ foi influenciada pela cor dos filmes de cobertura das casas de vegetação. As alfaces cultivadas em casas de vegetação B e BV apresentaram as maiores concentrações dos principais fitoquímicos bioativo, e conseqüentemente, maior potencial antioxidante.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 18 ed. Washington DC USA, 2002.

ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**. Vol. 24, p.1-15, 1949.

BASLAM, M.; MORALES, F.; GARMENDIA, I.; GOICOECHEA, N. Nutritional quality of outer and inner leaves of green and red pigmented lettuces (*Lactuca sativa* L.) consumed as salads. **Scientia Horticulturae**, v. 151, p. 103-111, 2013.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**. Vol. 28, p.25-31, 1995.

CANO, A.; ARNAO, M. B. Hydrophilic and lipophilic antioxidant activity in different leaves of three lettuce varieties. **International journal of food properties**, v. 8, n. 3, p. 521-528, 2005.

CARVALHO, R. O.; MACHADO, M. B.; SCHERER, V. S.; FUENTES, G. C.; DA LUZ, C. A. S.; DA LUZ, M. L. G. S. Hydroponic lettuce production and minimally processed lettuce. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, 2015.

DOMINGUES, D. S.; TAKAHASHI, H. W.; CAMARA, C. A.; NIXDORF, S. L. Automated system developed to control pH and concentration of nutrient solution evaluated in hydroponic lettuce production. **Computers and electronics in agriculture**, v. 84, p. 53-61, 2012.

DURAZZO, A.; AZZINI, E.; LAZZÉ, M. C.; RAGUZZINI, A.; PIZZALA, R.; MAIANI, G.; MAIANI, G. Antioxidants in Italian Head Lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata L.) Grown in Organic and Conventional Systems under Greenhouse Conditions. **Journal of Food Biochemistry**, v. 38, n. 1, p. 56-61, 2014.

ESTADOS UNIDOS. Department of agricultural – USDA. Disponível em: <

<http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3041?fgcd=&manu=&lfacet=&format=&count=&max=35&offset=&sort=&qlookup=Lettuce>> Acesso em 20 jul. 2015.

FU, W.; LI, P.; WU, Y. Effects of different light intensities on chlorophyll fluorescence characteristics and yield in lettuce. **Scientia Horticulturae**, v. 135, p. 45-51, 2012.

GARRIDO, Y.; TUDELA, J. A.; MARÍN, A.; MESTRE, T.; MARTÍNEZ, V.; GIL, M. I. Physiological, phytochemical and structural changes of multi-leaf lettuce caused by salt stress. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, n. 8, p. 1592-1599, 2014.

GOÑI, M.; MOREIRA, M.; AGÜERO, M.; ROURA, S. Impact of production system on quality indices distribution in butterhead lettuce: a comparative study among open field and greenhouse. **Journal Nutritional Food Science**, v. 3, n. 241, p. 2, 2013.

GOVEDARICA-LUČIĆ, A.; MOJEVIĆ, M.; PERKOVIĆ, G.; GOVEDARICA, B. Yield and nutritional quality of greenhouse lettuce (*Lactuca sativa* L.) as affected by genotype and production methods. **Genetika**, v. 46, n. 3, p. 1027-1036, 2014.

HASSIMOTTO, N. M. A.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 8, p. 2928-2935, 2005.

HIPOL, R. L. B.; DIONISIO-SESE, M. L. Impact of Light Variation on the Antioxidant Properties of Red Lettuce. **Electronic Journal of Biology**, v. 10, n. 2, p. 28-34, 2014.

JANUŠKEVIČIUS, A.; JANUŠKEVIČIENĖ, G.; ANDRULEVIČIŪTĖ, V. Chemical composition and energetic values of selected vegetable species in Lithuanian supermarkets. **Vet Zoo**, v. 58, p. 8-12, 2012.

KING, D. E.; MAINOUS, A. G.; LAMBOURNE, C. A. Trends in dietary fiber intake in the United States, 1999-2008. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 112, n. 5, p. 642-648, 2012.

KOSMA, C.; TRIANTAFYLLIDIS, V.; PAPASAVVAS, A.; Salahas, G.; Patakas, A. Yield

and nutritional quality of greenhouse lettuce as affected by shading and cultivation season. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 25, p. 974-979, 2013.

LAMNATOU, C.; CHEMISANA, D. Solar radiation manipulations and their role in greenhouse claddings: Fluorescent solar concentrators, photo selective and other materials. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 27, p. 175-190, 2013.

LEE, J. G.; OH, S. S.; CHA, S. H.; JANG, Y. A.; KIM, S. Y.; UM, Y. C.; CHEONG, S. R. Effects of red/blue light ratio and short-term light quality conversion on growth and anthocyanin contents of baby leaf lettuce. **Journal of Bio-Environment Control**, 2010.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest biology and technology**, v. 20, n. 3, p. 207-220, 2000.

LEWICKI, P. P. Data and models of water activity. II: Solid foods. **Food properties handbook**, v. 2, 2009.

LI, H.; XU, Z.; TANG, C. Effect of light-emitting diodes on growth and morphogenesis of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) plantlets in vitro. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)**, v. 103, n. 2, p. 155-163, 2010.

LI, Q.; KUBOTA, C. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. **Environmental and Experimental Botany**, v. 67, n. 1, p. 59-64, 2009.

LICHTENTHALER, H.; BUSCHMANN, C. Chlorophylls and Carotenoids: Measurement and Characterization by UV- VIS Spectroscopy. **Current protocols in Food Analytical Chemistry**, F4.3.1- F4.3.8, 2001.

LIN, K. H.; HUANG, M. Y.; HUANG, W. D.; HSU, M. H.; YANG, Z. W.; YANG, C. M. The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. var. capitata). **Scientia Horticulturae**, v. 150, p. 86-91, 2013.

LIU, X.; ARDO, S.; BUNNING, M.; PARRY, J.; ZHOU, K.; STUSHNOFF, C.; KENDALL, P. Total phenolic content and DPPH radical scavenging activity of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown in Colorado. **LWT-Food Science and Technology**, v. 40, n. 3, p. 552-557, 2007.

LIU, Z.; ZHANG, Y.; WANG, J.; LI, P.; ZHAO, C.; CHEN, Y.; BI, Y. Phytochrome-interacting factors PIF4 and PIF5 negatively regulate anthocyanin biosynthesis under red light in *Arabidopsis* seedlings. **Plant Science**, v. 238, p. 64-72, 2015.

LLORACH, R.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; GIL, M. I.; FERRERES, F. Characterisation of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. **Food Chemistry**, v. 108, n. 3, p. 1028-1038, 2008.

LUNA, M. C.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A.; SELMA, M. V.; TUDELA, J. A.; BAIXAULI, C.; GIL, M. I. Influence of nutrient solutions in an open-field soilless system on the quality characteristics and shelf life of fresh-cut red and green lettuces (*Lactuca sativa* L.) in different seasons. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 2, p. 415-421, 2013.

MARÍA, G. G.; MARÍA DEL RM, M.; V. A.; SARA, I. R. Impact of production system on quality indices distribution in butterhead lettuce: a comparative study among open field and greenhouse. **Journal of Nutrition & Food Sciences**, v. 3, n. 241, p. 2, 2013.

MENEZES, E. W.; GRANDE, F.; GIUNTINI, E. B.; LOPES, T. D. V. C.; DAN, M. C. T.; DO PRADO, S. B. R.; LAJOLO, F. M. Impact of dietary fiber energy on the calculation of food total energy value in the Brazilian Food Composition Database. **Food Chemistry**, 2015.

MONTEIRO, I. A. Plasticultura: eficaz aliada na transmissão de luz às plantas. **Revista Plasticultura**, Campinas SP, n. 21. p.22, 2011. Acesso em 24 jul. 2014. Online. Disponível em: < http://www.artcomassessoria.com.br/imagens_noticias/Plasticultura21.pdf > Acesso: Nov. 2014.

MOREIRA, M. D. R.; PONCE, A. G.; DEL VALLE, C. E.; ANSORENA, R.; ROURA, S.

I. Effects of abusive temperatures on the postharvest quality of lettuce leaves: ascorbic acid loss and microbial growth. **Journal of Applied Horticulture**, v. 8, n. 2, p. 109-113, 2006.

MULABAGAL, V.; NGOUAJIO, M.; NAIR, A.; ZHANG, Y.; GOTTUMUKKALA, A. L.; NAIR, M. G. In vitro evaluation of red and green lettuce (*Lactuca sativa*) for functional food properties. **Food chemistry**, v. 118, n. 2, p. 300-306, 2010.

NEOCLEOUS, D.; KOUKOUNARAS, A.; SIOMOS, A. S.; VASILAKAKIS, M. Assessing the salinity effects on mineral composition and nutritional quality of green and red “baby” lettuce. **Journal of Food Quality**, v. 37, n. 1, p. 1-8, 2014.

OH, M. M.; CAREY, E. E.; RAJASHEKAR, C. B. Environmental stresses induce health-promoting phytochemicals in lettuce. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 47, n. 7, p. 578-583, 2009.

OLLE, M.; VIRŠILE, A. The effects of light-emitting diode lighting on greenhouse plant growth and quality. **Agricultural and food science**, v. 22, n. 2, p. 223-234, 2013.

OZGEN, S.; SEKERCI, S. Effect of leaf position on the distribution of phytochemicals and antioxidant capacity among green and red lettuce cultivars. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 3, p. 801-809, 2011.

PÉREZ-LÓPEZ, U.; MIRANDA-APODACA, J.; MUÑOZ-RUEDA, A.; MENA-PETITE, A. Interacting effects of high light and elevated CO₂ on the nutraceutical quality of two differently pigmented *Lactuca sativa* cultivars (Blonde of Paris Batavia and Oak Leaf). **Scientia Horticulturae**, v. 191, p. 38-48, 2015.

RÉ, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICEEVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**. Vol. 26, p. 1231–1237, 1999.

RICO, D.; MARTÍN-DIANA, A. B.; BARRY-RYAN, C.; FRÍAS, J. M.; HENEHAN, G. T.; BARAT, J. M. Use of neutral electrolysed water (EW) for quality maintenance and shelf-life extension of minimally processed lettuce. **Innovative Food Science &**

Emerging Technologies, v. 9, n. 1, p. 37-48, 2008.

SAMUOLIENĖ, G.; SIRTAUTAS, R.; BRAZAITYTĖ, A.; DUCHOVSKIS, P. LED lighting and seasonality effects antioxidant properties of baby leaf lettuce. **Food chemistry**, v. 134, n. 3, p. 1494-1499, 2012.

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**, v. 18, n. 3, p. 183-187, 2000.

STUTTE, G. W.; EDNEY, S.; SKERRITT, T.. Photoregulation of bioprotectant content of red leaf lettuce with light-emitting diodes. **HortScience**, v. 44, n. 1, p. 79-82, 2009).

TIWARI, U.; CUMMINS, E. Factors influencing levels of phytochemicals in selected fruit and vegetables during pre-and post-harvest food processing operations. **Food Research International**, v. 50, n. 2, p. 497-506, 2013.

VIACAVA, G. E.; ROURA, S. I.; AGÜERO, M. V. Optimization of critical parameters during antioxidants extraction from butterhead lettuce to simultaneously enhance polyphenols and antioxidant activity. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 146, p. 47-54, 2015.

VINHA, A. F.; ALVES, R. C.; BARREIRA, S. V.; COSTA, A. S.; OLIVEIRA, M. B. P. Impact of boiling on phytochemicals and antioxidant activity of green vegetables consumed in the Mediterranean diet. **Food & function**, v. 6, n. 4, p. 1157-1163, 2015.

WANG, Y.; XIE, X.; LONG, L. E. The effect of postharvest calcium application in hydro-cooling water on tissue calcium content, biochemical changes, and quality attributes of sweet cherry fruit. **Food chemistry**, v. 160, p. 22-30, 2014.

WANG, Y.; ZHANG, M.; MUJUMDAR, A. S.; MOTHIBE, K. J. Microwave-assisted pulse-spouted bed freeze-drying of stem lettuce slices—Effect on product quality. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 12, p. 3530-3543, 2013.

WETTASINGHE, M.; SHAHIDI, F. Antioxidant and free radical-scavenging properties of ethanolic extracts of defatted borage (*Borago officinalis* L.) seeds. **Food chemistry**, v. 67, n. 4, p. 399-414, 1999.

WOJCIECHOWSKA, R.; DŁUGOSZ-GROCHOWSKA, O.; KOŁTON, A.; ŻUPNIK, M. Effects of LED supplemental lighting on yield and some quality parameters of lamb's lettuce grown in two winter cycles. **Scientia Horticulturae**, v. 187, p. 80-86, 2015.

ZŁOTEK, U.; ŚWIECA, M.; JAKUBCZYK, A. Effect of abiotic elicitation on main health-promoting compounds, antioxidant activity and commercial quality of butter lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Food chemistry**, v. 148, p. 253-260, 2014.LI, 2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de filmes com diferentes colorações na cobertura de casas de vegetação interferiu significativamente nas características de qualidade das cultivares de alface ‘Isabela’ e ‘Mondai’.

Em relação aos parâmetros físicos, plantas cultivadas em casas de vegetação com filmes de cobertura branca e branca com malha vermelha apresentaram maior massa, tamanho e número de folhas. Quanto às características físico-químicas, e fitoquímicos, melhores teores de fibras alimentar, ácido ascórbico, fenólicos totais e potencial antioxidante.

Para todos os parâmetros avaliados as cultivares produzidas nas Casas de vegetação com filmes de coloração azul obtiveram resultados inferiores aos das alfaces cultivadas em casas de vegetação branca e branca com malha vermelha, demonstrando que as cultivares não se adaptaram as condições imposta nesse tratamento.

Os achados do estudo demonstram que filmes de coberturas com coloração branca e branca com malha vermelhas são mais eficientes para a produção das cultivares ‘Isabela’ e ‘Mondai’.