



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Dissertação de Mestrado

CASA DE VEGETAÇÃO PARA CULTIVO DE ALFACE

Natã Morais de Oliveira

**Campina Grande
Paraíba**

Natã Morais de Oliveira

CASA DE VEGETAÇÃO PARA CULTIVO DE ALFACE

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre.

Área de concentração: Construções Rurais e Ambiente

Orientador Prof. Renilson Targino Dantas

Campina Grande, 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

O482c Oliveira, Natã Moraes de.
Casa de vegetação para cultivo de alface / Natã Moraes de Oliveira. -
Campina Grande, 2011.
101f.: il. col.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal
de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.
Orientador: Prof. Dr. Renilson Targino Dantas.
Referências.

1. Alface. 2. Ambiência. 3. Ambiente Protegido. 4. Casa de Vegetação.
I. Título.

CDU 635.52 (043)

DIGITALIZAÇÃO:

SISTEMOTECA - UFCG



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Natã Moraes de Oliveira

CASA DE VEGETAÇÃO PARA O CULTIVO DE ALFACE

BANCA EXAMINADORA

PARECER


Dr. Renilson Tagino Dantas – Orientador

Aprovado


Dr. Adilson David Barros – Examinador

APROVADO


Dr. José Wallace B. do Nascimento – Examinador

APROVADO.

FEVEREIRO 2011

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, D. Zulmira de Moraes e Sr. Alcindo Moraes por me terem dado as três coisas mais preciosas que alguém poder receber: a vida, o amor e a educação.

A minha querida esposa Rejane e ao meu filho Igor, pela força e cobrança para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial ao meu orientador, Professor Renilson Targino Dantas, pela sugestão do tema, pelos ensinamentos e valiosa orientação da pesquisa, mostrando sempre os caminhos certos para que eu obtivesse êxito nessa empreitada.

Agradeço de forma especial também ao professor Pedro Dantas Fernandes, pela valiosa orientação na preparação dos canteiros, o que foi fundamental para o prosseguimento do experimento, ao professor José Dantas pelo interesse demonstrado na pesquisa, pelas dicas e disponibilização dos instrumentos de coleta de dados de umidade do solo e ao professor Wallace Nascimento pela definição do espaço para realização do experimento e disponibilização dos instrumentos de coleta de dados.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Construções Rurais pela oportunidade de trocar experiências do design e a área de construções rurais de modo a abrir novos horizontes para desenvolvimento de pesquisas para as duas áreas.

A todos os professores da Área de Construções Rurais e Ambiente, do programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG, Dermeval Araújo, Antônio Leal, Juarez Paes, Flávio Honorato, Wallace Nascimento, Pedro Dantas, Marluce Azevedo e o espirituoso professor Francisco de Assis, pelo convívio e ensinamentos passados em sala de aula.

Aos técnicos Pedro Farias do Laboratório de Física do Solo e Francisco e Wilson o Laboratório de Química pelo apoio instrumental para tratamento das amostras.

Aos servidores técnico-administrativos do LACRA, Nilson, Geraldo e Edil pela convivência e colaboração.

A todos os colegas da turma 2008, Marconi, Mabel, Betânia, Jaene, Ângelo, Jackson, Val e Wendell pela convivência e amizade na realização das tarefas que se estendiam até a madrugada.

Em especial ao meu grande amigo e irmão Itamar, pela colaboração direta e compartilhamento de informações e experiências em todos os momentos, não só no programa de pós-graduação, mas, no convívio docente na Unidade Acadêmica Desenho Industrial.

Aos colegas de outras turmas, principalmente Nerandi, pela convivência e compartilhamento de conhecimentos e experiências durante o curso.

Ao colega Neto pela importante colaboração na medição de dados de área foliar.

Aos professores da Unidade Acadêmica Desenho Industrial, Glielson pelo convívio profissional, sempre com ideias inteligentes, aos professores Eduardo Cid, Grace, Abdon, Joca, Glielson, Levi, Carla, Pablo, Cleone, Viviane, Luiz Felipe e Wellington, pelo incentivo e em especial aos professores Abdon e Luiz Felipe pela colaboração na confecção das estruturas no Laboratório de Modelos e construção das casas de vegetação.

Aos servidores técnico-administrativos da UADI, Lúcia e Expedito, pela força e em especial Zé Ferreira pela colaboração na confecção das estruturas.

Ao amigo Eudes, pela parceria na inovação e pelo incentivo sempre.

Aos técnicos da EMBRAPA, Jailton e Luiz pela atenção e disponibilização dos dados meteorológicos de janeiro a junho de 2010, da estação meteorológica da EMBRAPA de Campina Grande.

As minhas amigas Zezé Gomes e Helena Guedes pela cobrança na conclusão da pesquisa, que serviu de incentivo e me motivaram para chegar até aqui.

A minha querida sobrinha Clarissa Matos pela ajuda no tratamento das imagens no Autocad.

A Giovanna Albuquerque pela dedicação de seu precioso tempo na revisão do texto.

A todas aquelas pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para o êxito da presente pesquisa.

RESUMO

Nas regiões do Semiárido brasileiro observa-se a ausência de produção agrícola em ambiente protegido que simule micro clima adequado e que seja racional no uso da água em um clima com médias térmicas elevadas e duas estações, uma seca e outra úmida com precipitações irregulares. A pesquisa teve como objetivo geral desenvolver, implantar e testar dois modelos de casas de vegetação tipo túnel baixo, ambas de baixo custo e propícias à produção alface na Cidade de Campina Grande. A pesquisa foi conduzida na Área de Experimentos do Laboratório de Ambiência e Construções Rurais, da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da UFCG, na cidade de Campina Grande. Foram desenvolvidas duas casas de vegetação tipo túnel baixa, uma casa com cobertura em arco sem barramento de água e outra casa com cobertura tipo capela com barramento subterrâneo de água. As estruturas foram implantadas a uma distância de 1,50 m uma da outra, orientada no sentido Leste-Oeste. A cultura utilizada foi a alface (*lactuca sativa L.*), tipo Elba, largamente cultivada na região. Na análise dos resultados foi utilizado delineamento estatístico em blocos casualizados com repetição. Foram analisadas variáveis ambientais de umidade do solo, temperatura e umidade do ar. Foram analisadas variáveis agronômicas de altura da planta, largura do dossel, número de folhas, massa fresca e massa seca. O experimento foi realizado no período de 10 de março a 21 de junho de 2010. Como resultados alcançados, as casas de vegetação responderam satisfatoriamente às condições ambientais com resultados superiores dos microclimas no interior das casas de vegetação, comparadas com o tratamento sem proteção. Os resultados relacionados ao barramento de água não apresentaram o resultado esperado, não sendo confirmada a hipótese inicialmente formulada. As variáveis agronômicas apresentaram resultados melhores nos ambientes protegidos quanto à altura da planta, largura do dossel e número de folhas, com resultados semelhantes para massa fresca e massa seca. A partir dos resultados, concluiu-se que as estruturas propostas responderam bem ao experimento, tanto no que se refere à ambiência, quanto nas condições de desenvolvimento e crescimento da alface testada. As estruturas responderam satisfatoriamente ao ambiente do experimento, sendo a estrutura em arco mais eficiente em todos os aspectos testados e avaliados.

ABSTRACT

In semi-arid regions of Brazil there is the absence of production agriculture in a protected environment that simulates micro-climate that is appropriate and rational use of water in a climate with high average temperatures and two seasons, one dry and one wet with irregular rainfall . Research aimed generally to develop, implement and test two models of tunnel type greenhouses low, both low cost and conducive to lettuce production in the city of Campina Grande. The research was conducted in the area of the laboratory experiments of ambience and rural buildings, the academic unit UFCG agriculture engineering in the city of Campina Grande. Two houses have been developed such as low greenhouses, cover a house with arched bus without water and cover with another home chapel with bus type underground water. Structures were implanted at a distance of 1.50 m from each other, oriented east-west. The culture used was lettuce (*Lactuca sativa L.*), type Elba, widely cultivated in the region. In analyzing the results using statistical design was randomized blocks with repetition. We analyzed environmental variables of soil moisture, temperature, air humidity. Agronomic variables were analyzed for plant height, canopy width, number of leaves, fresh weight and dry weight. The experiment was conducted from March 10 to June 21, 2010. Results achieved, the greenhouses satisfactorily respond to environmental conditions better than, of microclimates within greenhouses, compared with treatment without protection. The results related to water bus did not show the expected result is not as hypothesized initially formulated. The agronomic variables showed better results in a protected environment on the plant height, canopy width and leaf number, with similar results for fresh weight and dry weight. From the results, we conclude that the proposed structures responded well to the experiment, both in terms of ambience, the conditions of development and tested growth lettuce. Structures satisfactorily respond to the environment of the experiment, the arch structure is more efficient in all aspects tested and evaluated.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Casa de vegetação com teto capela ou duas águas.....	27
Figura 2 - Casa de vegetação com teto convectivo	27
Figura 3 - Casa de vegetação em arco.	27
Figura 4 - Casa de vegetação tipo túnel.	28
Figura 5 - Casa de vegetação tipo túnel baixo.....	28
Figura 6 - Relação entre a forma da cobertura e a luminosidade interior (Nilsen, apud Brito, 2000).....	29
Figura 7 - Esquema de construção da barragem.	45
Figura 8 - Pluviometria média anual do Estado da Paraíba (Fonte: AESA, citado por Cunha et al., 2008).....	47
Figura 9 - Local de implantação do experimento (Fonte: Google, adaptado pelo autor).	47
Figura 10 - Esquema construtivo da casa de vegetação CB.....	49
Figura 11- Detalhe do pórtico	50
Figura 12 - Cobertura e fechamento de topo	51
Figura 13 - Barramento de água da irrigação.....	52
Figura 14 - Implantação da casa de vegetação com barramento.....	53
Figura 15 - Valeta para implantação do barramento de água	54
Figura 16 - Implantação da estrutura.....	54
Figura 17 - Implantação do datalogger.....	54
Figura 18 - Esquema construtivo da casa de vegetação SB.	56
Figura 19 - Detalhe do arco.....	57
Figura 20 - Detalhe do arco	57
Figura 21 - Detalhe de ancoragem.....	58
Figura 22 - Fixação do cabo nos arcos	59
Figura 23 - Fixação do cabo no solo.	59
Figura 24 - Fixação do datalogger na estrutura.	59
Figura 25 - Implantação do modelo.....	62
Figura 26 - Germinação das sementes em bandejas	63
Figura 27. - Bandejas com as mudas a serem transplantadas	64
Figura 28 - Gabarito de marcação para o transplântio.	64
Figura 29 - Pesagem das amostras.....	66
Figura 30 - Desidratação das amostras.	66

Figura 31 - Pesagem das amostras de alface	67
Figura 32 - Desidratação das amostras de alface em estufa com renovação ar.	68
Figura 33 - Variação de temperatura para as duas casas de vegetação e para a testemunha - temperatura média (Tmd), temperatura máxima (Tmx), temperatura mínima (Tmn).	77
Figura 34 - Perfil térmico diário das duas casas de vegetação	78
Figura 35 - Comparativo da umidade relativa do ar nos três tratamentos	80
Figura 36 - Perfil diário de umidade relativa do ar nas casas de vegetação	81
Figura 37 - Umidade do solo nos três tratamentos.	83
Figura 38 - Média das alturas das plantas em função do tempo.	86
Figura 39 - Medidas da largura do Dossel ao longo do tempo	88
Figura 40 - Média do número de folha ao longo do tempo.	89
Figura 41 - Média da área foliar ao longo do tempo.	90
Figura 42 - Média da massa fresca ao longo do tempo.	91
Figura 43 - Médias da massa seca ao longo do tempo.	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Percentual médio de sombreamento de lonas plásticas	32
Tabela 2 - Análise química da água realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade /UAEG/UFCG.	61
Tabela 3 - Médias das temperaturas médias (Tmd), Temperatura máxima (Tmx); Temperatura mínima (Tmn), coletadas no campo.	72
Tabela 4 - Medidas de umidade relativa média do ar (URmd).....	73
Tabela 5 - Dados de temperatura externa às casas de vegetação.....	74
Tabela 6 - Dados referentes a Umidade Relativa média (U.R), Velocidade do vento, Precipitação, Evapotranspiração e Insolação.....	75
Tabela 7 – Análise de variância das amostras de temperatura do ar nos três tratamentos	76
Tabela 8 - Médias de temperatura do ar (°C).....	76
Tabela 9 – Análise de variância das amostras de temperatura do ar nos três tratamentos	79
Tabela 10 - Médias de temperatura do ar (°C).....	79
Tabela 11 - Umidade do Solo nos três tratamentos.....	82
Tabela 12 - Análise de variância das amostras de umidade do solo para os três tratamentos.....	82
Tabela 13 - Médias de umidade do solo (%)	83
Tabela 14 - Resumo das médias de Altura da Planta (AP), Largura do Dossel (LD), Número de Folhas (NF), Área Foliar (AF), Massa Fresca (MF) e Massa Seca (MS), para os três tratamentos.	85
Tabela 15 - Quadro de Análise de Variância da Altura da Planta (AP).	100
Tabela 16 - Quadro de Análise de Variância da Largura do Dossel (LD).	100
Tabela 17 - Quadro de Análise de Variância do Número de Folhas (NF).	100
Tabela 18 - Quadro de Análise de Variância da Área Foliar (AF).....	100
Tabela 19 - Quadro de Análise de Variância da Massa Fresca (MF).....	101
Tabela 20 - Quadro de Análise de Variância da Massa Seca (MS).	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

UFCG – Universidade Federal de Campina Grande.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

LMRS/PB - Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto.

LACRA - Laboratório de Construções Rurais e Ambiente.

PVC – Poli (Cloroeto de Vinila).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Objetivos.....	18
1.1.1	Geral.....	18
1.1.2	Específicos.....	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1	Casas de vegetação.....	19
2.2	Construção do ambiente protegido.....	23
2.2.1	Modelos arquitetônicos.....	26
2.2.2	Material de cobertura.....	30
2.2.3	Instalação de equipamentos de climatização.....	33
2.3	Características físicas dos elementos meteorológicos.....	33
2.3.1	Radiação solar.....	34
2.3.2	Temperatura do ar.....	34
2.3.3	Umidade do Ar.....	36
2.3.4	Fluxo de Ar (vento).....	37
2.4	Análise das características agronômicas.....	39
2.4.1	Medidas lineares.....	40
2.4.2	Medidas de superfícies.....	40
2.5	Alface.....	43
2.6	Barragem subterrânea.....	44
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	46
3.1	Caracterização do modelo.....	48
3.1.1	Casa de Vegetação com Barramento.....	48
3.1.2	Casa de Vegetação sem Barramento.....	55
3.1.3	Implantação do modelo.....	60
3.2	Cultura utilizada.....	63
3.2.1	Delineamento experimental.....	65
3.3	Variáveis ambientais.....	65
3.3	Variáveis agronômicas.....	66
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	69
4.1	Avaliação das soluções arquitetônicas.....	69
4.1.1	Implantação das casas de vegetação.....	69

4.1.2	Avaliação da concepção arquitetônica das casas de vegetação	70
4.2	Avaliação das variáveis ambientais	72
	Fonte: Estação Climatológica da EMBRAPA de Campina Grande	75
4.2.1	Temperatura do ar.....	76
4.2.2	Umidade Relativa do Ar.....	78
4.2.3	Umidade do solo.....	81
4.3	Avaliação das variáveis agronômicas	84
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	94
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96

1 INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro abrange a quase totalidade, do Nordeste do País. A partir da Portaria nº 89, de 16 de março de 2005, o Ministério a Integração Nacional atualizou a relação dos municípios pertencentes à região do semiárido, com base em critérios estabelecidos na Portaria Interministerial nº 1, de 9 de março de 2005, passando o semiárido abranger os estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Nordeste de Minas Gerais, totalizando 1133 municípios, numa área de 969.589 km² (Ministério da Integração Nacional, 2005). Sua área se estende entre os paralelos 3° a 17° S e 34° a 45° W, cobrindo 8% do território nacional (Giulietti et al., 2006).

Estudos realizados por Giulietti et al. (2006) apontam o clima do semiárido como um dos mais complexos, devido sua extensão, diferentes fisionomias e relevos, com precipitações em diversos períodos do ano com diferentes quantidades de chuvas. Apresenta uma acentuada deficiência hídrica devido a aridez, ausência, irregularidade e má distribuição das precipitações pluviométricas, aliada à intensa evaporação durante o período de estiagem e elevado escoamento superficial das águas devido ao relevo, fazendo com que a água em quantidade, qualidade e regularidade seja de difícil acesso, incorrendo em fator limitante às práticas agrícolas e sustentabilidade de vida.

Segundo o Ministério do Desenvolvimento Social (2007) o semiárido não se constitui num espaço homogêneo ou impróprio à vida, pelo contrário, apresenta alta diversidade ecológica e possui inúmeros recursos naturais a ser explorado. A falta de chuva não é responsável pela oferta insuficiente de água na região, mas sua má distribuição e evapotranspiração, que resulta no fenômeno da seca que assola periodicamente a população da região.

Segundo Giulietti et al. (2006) diferente de outras regiões semiáridas do mundo, o semiárido brasileiro é bem populosa, com cerca de 20 milhões de habitantes, o que representa em torno de 10% do total do país. A expectativa de vida na região é menor do país, assim como a renda per capita e o analfabetismo. Mais recursos técnicos para produção agrícola possibilitará melhor qualidade de vida aos habitantes da região do semiárido, principalmente aqueles da zona rural.

O Estado da Paraíba possui uma área de 56.440 km², abrangendo 223 municípios e uma população de 3.641.395 habitantes (IBGE, 2006). Tem uma área de 87.392 ha de lavoura permanente, com 41.144 estabelecimentos e 444.381 ha de lavoura temporária, com 127.944 estabelecimentos. O total pessoal ocupado é de 517.287 habitantes, sendo o Estado do Nordeste com a menor atividade agrícola (0,33%). A maioria das famílias com rendimento monetário (63.774 famílias), está na faixa de entre 1 e 2 salários mínimos, segundo dados do censo demográfico 2000 do IBGE (IBGE, 2009).

Apesar das características apresentadas anteriormente, o semiárido apresenta uma diversidade ecológica com inúmeros recursos naturais a serem explorados. Além disso, a região não é totalmente seca e sem chuvas, o que há é uma má distribuição de precipitações pluviométricas e evapotranspiração, contudo, uma vez aproveitada de forma adequada e racional é possível captar a água nos períodos de chuva e armazená-la para uso nos períodos de seca. O uso de técnicas agrícolas mais simplificadas e de uso racional da água que seja de baixo custo de implantação possibilitará melhor qualidade de vida do homem do campo e a produção de agricultura familiar e pequenos agronegócios.

A sobrevivência numa região dessa natureza depende de técnicas agrícolas que utilizem a água de forma racional e de maneira eficiente e dentre as técnicas utilizadas temos as casas de vegetação como solução viável e adequada, pois tem a capacidade de simular ambiência adequada e controlada ao cultivo agrícola, mesmo em períodos de pouca chuva e com escassez de água. Considerando que esse tipo de recurso tem como finalidade simular ambientes adversos ao meio em que está implantado, criando assim, condições satisfatórias de proteção e ambiência, não há notícias de seu uso corrente na região do semiárido para produção agrícola, salvo em centros acadêmicos e instituições de pesquisas.

Nesse contexto, a questão problema identificada consiste na ausência de uso de casas de vegetação que simule micro clima adequado em períodos de seca ou de pouca precipitação pluviométricas nas regiões do semiárido, para a produção agrícola, uma vez que é possível armazenar e distribuir água, mesmo em pequenas quantidades. Outra questão a ser tratada é a ausência de estudos e informações sobre casas de vegetação para diferentes culturas, diferentes climas e relevos característicos do semiárido. Considerando-se a amplitude da área geográfica do semiárido, optou-se por considerar o semiárido do Estado da Paraíba como foco de estudo.

Como hipótese primária, considerando que a disponibilidade de água é questão de uma melhor distribuição e sua obtenção pode se dá de diversas formas, estabeleceu-se que é possível criar um ambiente controlado, adequado à produção agrícola na região do semiárido. Como hipótese secundária, considerando que a população rural tem renda per capita baixa é possível criar uma estrutura de baixo custo compatível com a renda média de pequenos produtores de R\$ 1.085,82, segundo o Senso Agropecuário de 2006 (IBGE, 2006).

A motivação e importância para realização do estudo estão relacionadas ao processo de interação entre o Design e a Engenharia Agrícola com contribuição para a área de construções rurais e ambiência. Ao contrário da impressão de outras áreas a respeito do design, essa atividade não se limita ao simples empacotamento de produtos ou definição estética, ela expressa particularidades funcionais, estruturais e configuracionais de dispositivos e sistema de produtos, de modo a construir uma relação entre esses dispositivos e o sistema de produto.

Um melhor entendimento da relação entre o design e a engenharia pode ser retirado do manifesto de Redig (1983) onde ele defende um conceito mais amplo do design envolvendo a engenharia, arquitetura e o próprio design, como sendo uma disciplina responsável pelo meio físico construído pelo homem. A engenharia seria responsável pelos problemas relacionados ao meio físico, enquanto o design e a arquitetura seriam responsáveis pelos problemas colocados pelo homem, sendo o design responsável pela micro-escala e a arquitetura responsável pela macro-escala. Segundo o autor, não há uma distinção clara ou linha de divisória entre essas áreas que defina até onde vai o design no campo da engenharia e arquitetura e essas áreas no campo do design. Assim, o design estuda a relação homem/meio sob o ponto de vista do homem, enquanto que a engenharia estuda essa relação sob o ponto de vista do meio. Partindo desse conceito, fica evidente a forte relação de cooperação e complementaridade dessas duas disciplinas na solução de problemas do homem colocados pelo meio.

Analisando a definição de Tomas Maldonado (Alvares, 2004), temos que Design é uma atividade criativa cujo objetivo é determinar as propriedades formais dos objetos produzidos industrialmente. Por propriedades formais não se deve entender apenas as características exteriores, mas, sobretudo, as relações estruturais e funcionais que fazem de um objeto (ou de um sistema de objeto), uma unidade coerente, tanto do ponto

de vista do produtor como do consumidor. O Design Industrial abrange todos os aspectos do ambiente humano condicionado pela produção industrial. Já a Engenharia é definida pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC/CES, 2006), como uma atividade de atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade. As duas definições, mostram que há uma afinidade relacionada aos aspectos políticos e sociais entre as duas áreas que se complementam entre si.

Dessa forma, o presente estudo busca contribuir para o desenvolvimento de conhecimentos de design e da engenharia agrícola em ambientes protegidos de culturas agrícolas, o qual possibilitará a disseminação de métodos construtivos de casas de vegetação de baixo custo para pequenos produtores, trazendo dessa maneira, melhores condições de vida em períodos de seca na região.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

A presente pesquisa tem como objetivo geral desenvolver, implantar e testar dois modelos de casas de vegetação tipo túnel baixa, sendo uma casa de vegetação com cobertura tipo capela, com dispositivo de barramento de água e uma casa com cobertura em arco, ambas de baixo custo e propícias à produção alface na Cidade de Campina Grande.

1.1.2 Específicos

- a. Desenvolver casas de vegetação utilizando sistemas funcionais adequados ao controle do ambiente, propício ao desenvolvimento e crescimento de alface;
- b. Desenvolver uma estrutura de baixo custo adequada à renda dos produtores de baixa renda da zona rural;
- c. Empregar materiais estruturais de fácil acesso no comércio que seja de fácil implantação;
- d. Criar o ambiente da casa de vegetação com teor de umidade adequada ao cultivo agrícola, através de mecanismos que usem a água de forma racional.
- e. Monitorar a condição ambiental interna e externa às casas de vegetação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Casas de vegetação

Quando surgiu há 50 anos os primeiros modelos de casas de vegetação na Europa, o objetivo era permitir o cultivo de hortaliças durante os meses de inverno. Posteriormente as casas de vegetação foram se espalhando por outras regiões do planeta e se adaptando às condições climáticas de cada região. Hoje, uma casa de vegetação pode ser utilizada como proteção ao frio ou ao calor, contra ataques de insetos através de telas e filmes plásticos, controle de insolação com telas de sombreamento, proteção contra ventos fortes e contra chuvas, que nem sempre escolhe o momento apropriado para cair e em quantidades adequadas (Demenstein, 2007).

Reis (2005) define casa de vegetação como um instrumento de proteção ambiental para produção de plantas como hortaliças e flores, construída com diversos materiais, como madeira, concreto, ferro, alumínio, cobertas com materiais transparentes que permitam a passagem da luz solar para crescimento e desenvolvimento das plantas. O uso desse tipo de estrutura pode ser parcial ou plena com a utilização de mecanismos de controles de parâmetros meteorológicos para efeito de estufa. Oliveira (2005) define como ambientes fechados ou semi-fechados onde é possível criar e manter um micro clima ideal para o cultivo de plantas, independente da estação do ano ou de temperatura, umidade e de luminosidade externa. São revestidas com vidro ou plástico, sendo este último o mais largamente usado.

No Brasil, o cultivo em ambientes protegidos é bem recente, sendo utilizado há pouco mais de 20 anos e difundida atualmente de forma mais ampla como forma de cultivo de culturas de alto valor comercial.

Segundo Darezzo et al. (2004) o cultivo de hortaliças no Brasil teve um impulso no final da década de 80, tendo em vista que a técnica de cultivo em ambiente protegido possibilitou alta produtividade e rentabilidade em pequenas áreas. Com o desenvolvimento da indústria de plásticos no Brasil, esse tipo de instalação começou a ter impulso em meados da década de 80, quando a cobertura de filmes de polietileno e o uso de bandejas de polipropileno expandido para produção de mudas impulsionou o setor agrícola.

Goto (2004) relata que as primeiras experiências utilizando filmes plásticos para cobertura em estrutura mais altas para proteção foi desenvolvida por Martins na região Norte e em seguida no Rio Grande do Sul com a utilização de filmes plásticos como abrigos, projeto esse denominado por São Tomé, que não obteve sucesso devido à ausência de técnicos preparados para essa tecnologia. Após o fracasso da implantação dessa tecnologia no Rio Grande Sul, novas tentativas foram realizadas no Estado de São Paulo, liderados pelos técnicos da Cooperativa Agrícola de Cotia, com repercussão positiva, depois de erros e acertos, ampliando-se o seu uso no cultivo no cinturão verde da Grande São Paulo, com grande repercussão no setor agrícola em função do retorno rápido do capital aplicado, expandindo-se rapidamente para outros estados como a região norte do Paraná, pioneira na utilização de filmes de polietileno na horticultura.

A tecnologia do cultivo protegido vem somar as novas tecnologias empregadas na agricultura, objetivando a busca de repostas ao desejo de produzir alimentos de forma competitiva, sustentável, com aumento de produtividade, qualidade e lucratividade com o mínimo de impacto no meio ambiente, diminuindo assim, os riscos e incertezas do setor agrícola (Darezzo et al., 2004).

Para o cultivo de hortaliças em ambiente protegido é necessário conhecer bem a espécie que será cultivada, principalmente quanto a exigências ambientais e nutricionais, assim como o ambiente em termos de região, local da instalação, temperatura reinante (máxima e mínima), períodos de ocorrência de chuvas, predominância de ventos, culturas adjacentes, permanência de uma mesma cultura, entre outros fatores (Darezzo et al., 2004).

Para Goto (2004) uma das características da produção de hortaliças nas condições subtropicais é permitir o cultivo o ano inteiro. Para o autor, o Brasil, diferente de outros países, tem inverno mais ameno com temperaturas mais elevadas, permitindo o cultivo em campo aberto, justificando-se o uso de ambientes protegidos para melhorar a qualidade do produto. No verão, quando as hortaliças atingem preços atraentes, recomenda-se o uso de estruturas de proteção para conseguir melhor qualidade e preço dos produtos.

Para Darezzo et al. (2004) o cultivo protegido pode ser controlado e modificado, tornando-se mais adequado ao pleno desenvolvimento das culturas. O terreno deve ser plano e bem drenado, pois construções em terrenos inclinados favorecem o estabelecimento de gradiente de temperaturas e de umidade do ar ao longo das

instalações, criando micro climas distintos, pois o ar quente e com alta concentração de vapor de água se desloca para a parte mais alta da instalação acompanhando a topografia do terreno. Situação como esta pode ocasionar condensação de vapor de água sob a superfície interna da cobertura e gotejar sobre a planta e permitir a ocorrência de doenças. Para climas quentes como o semiárido, essa situação é desejada para drenar o solo no interior do ambiente.

A ação combinada dos fatores que afetam a evapotranspiração das culturas faz com que o consumo de água em condições protegida seja, em geral, menor que em condições de campo (Silva e Marovelli, apud Darezzo et al., 2004). Para Darezzo et al., (2004) esse comportamento pode ser atribuído a parcial opacidade da cobertura plástica, radiação solar e a redução da ação dos ventos, que são os principais fatores da demanda evaporativa da atmosfera, embora a temperatura e a umidade relativa do ar possa ser menor no interior da casa de vegetação, contribuindo assim, para a maior evapotranspiração. Em geral, a evapotranspiração no interior de ambientes protegidos fica em torno de 60 a 80% da verificada no ambiente exterior.

Ainda conforme Darezzo et al. (2004) a irrigação em ambientes protegidos deve suprir de forma adequada as exigências hídricas da cultura, de modo a propiciar condições de pleno desenvolvimento. A quantidade de água a ser irrigada deve promover a elevação do teor da água no solo, próximo da capacidade de campo.

Nas casas de vegetação, normalmente se utiliza irrigação por gotejamento, com a água enriquecida de nutrientes, chamada de fertirrigação. Há inúmeros modelos de casas de vegetação que se adapta as condições climáticas de cada região, tipo de cultivo, tutorado ou não, influenciando na altura da estrutura e na sua capacidade de suportar peso e tração do sistema de tutorar.

Segundo Demenstain (2007) as casas de vegetação para o clima europeu podem servir de base para as regiões Sul-Sudeste do Brasil, porém, causariam mais problemas do que soluções para o Nordeste. O autor realizou um estudo detalhado do clima da região e idealizou uma estrutura chamada de telado, que manteria o ambiente protegido, porém ventilado. O filme plástico seria opcional para o teto da estrutura, principalmente na região da Zona da Mata, onde as chuvas são mais intensas, sendo desnecessária no semiárido.

Ainda segundo Demenstain (2007) no telado com cobertura plástica para áreas úmidas, esse plástico poderia ser aditivado com cor azul que inibe a propagação de

fungos causadores de enfermidades às plantas, além de sistema antineblina que evita o orvalho matinal dentro da casa de vegetação, dos bloqueadores de radiação infravermelho (IR) e ultravioleta (UVA). A estrutura do telado pode ser de madeira, com durabilidade média (5 a 10 anos) e com gastos elevados de mão de obra ou estrutura de metal pré-moldado de fácil montagem e vida longa (acima de 20 anos).

Conforme afirmação de Demenstein (2007) o material mais utilizado na cobertura das casas de vegetação é o laminado plástico, tanto pela sua eficiência, quanto pelo baixo custo de confecção. A aplicação desse tipo de material diretamente nos cultivos, caracteriza o termo de Plasticultura, referindo-se a aplicação do plástico sobre a planta.

O plástico na agricultura brasileira ainda é restrito, com crescimento ano a ano entre os produtores que buscam melhor tecnologia e mais produtividade, com inúmeras vantagens como o aumento da produtividade, antecipação da colheita, redução de custos de produção, por requerer menos tratamentos culturais e menos agrotóxicos e adubos (OLIVEIRA, 2005).

Conforme Oliveira (2005) o plástico utilizado é o polipropileno de baixa densidade – PEBD, sendo mais comum o uso de espessuras 50, 75, 100 e 150 μm . Os filmes de 50 μm micras são utilizados em túneis de cultivo forçado, que são estruturas baixas, de arco de arame, utilizados em culturas rasteiras, como as folhosas em geral. Os filmes de 75, 100 e 250 μm são utilizados na construção de casas de vegetação de maior porte. Os filmes de 100 μm têm durabilidade de um ano e o de 150 μm dois anos, dependendo das condições ambientais.

Para Goto (2004) as temperaturas nos ambientes protegidos são superiores às do campo, necessitando conhecer bem o manejo em ambientes de temperatura elevada, adequada à cultura em um ambiente protegido, em que os patógenos tenham reduzida atuação.

Ainda segundo o autor, a altura de pé direito da estrutura deve ficar de 3 a 3,5 m, principalmente quando se pensa em cultivar plantas com arquiteturas mais altas, como o tomateiro e pimenteiro. O autor recomenda uma altura de pé direito 50 cm a 1 m superior a máxima altura da cultura a ser cultivada.

Ainda segundo Goto (2004) o manejo em ambiente de temperatura alta deve ser feito com ventilação e nebulização (frogger). A localização da estrutura para facilitar a ventilação deve ser colocada a frente de topo no sentido favorável à corrente de vento.

Outro fator que favorece a ventilação são as cortinas laterais móveis, de forma a permitir abertura e fechamento para controlar a temperatura e a ventilação. Outro recurso utilizado o uso de lanternim para saída de ar na cobertura, principalmente em casas de vegetação alta. Adriolo, apud Goto (2004) recomenda a combinação de ventilação e nebulização para atingir a umidade relativa do ar adequada e assim, atingir o objetivo geral desejado. O manejo inadequado de nebulizadores poderá promover o molhamento da parte aérea da planta, promovendo o aparecimento de doenças fungicidas e bacterianas.

Outra solução para diminuir a temperatura consiste no uso de telas de sombreamento de 30 a 50%, no entanto, reduz a luminosidade, interferindo no desenvolvimento da planta. Para Goto (2004) essa prática é efetuada para manter a temperatura ideal para o crescimento e desenvolvimento normal das culturas.

Para Goto (2004) as faixas de temperaturas e poucas oscilações de temperaturas no interior das estruturas, são condições que favorecem o desenvolvimento de insetos. O manejo da umidade vai variar de cultura para cultura para atender a fisiologia do crescimento e desenvolvimento da planta. Os patógenos dão preferência à ambientes úmidos para se desenvolver, portanto, o manejo da umidade é sempre importante. Umidade muito baixa pode interferir na ação dos produtos que são utilizados para o controle de algumas doenças e pragas.

Goto (2004) ainda recomenda cobertura dos canteiros com filmes plásticos de coloração preta, prata, branca/prata e outras cores que absorvam a radiação infravermelha e comprimento de ondas longas.

2.2 Construção do ambiente protegido

Segundo Zolnier (2004) o espaço disponível para implantação deve prever expansão futura com uma área bem superior às necessidades iniciais, de modo a acomodar, além do ambiente protegido, almoxarifado, setor de processamento, e embalagem da colheita, armazenagem dos produtos e vias de acesso para permitir o trânsito de veículos de carga e descarga. Dependendo do projeto e do sistema de cultivo adotado, deve ser previsto um reservatório para receber afluentes com o objetivo de reduzir concentração de nutrientes, antes de ser lançados em cursos e água.

Para projetos de pequeno porte, como e o caso do presente projeto, o autor recomenda uma área de serviço destinada às atividades de processamento e embalagem com até 13% da área efetiva utilizada pelo cultivo. Esse percentual pode ser reduzido para 7,5% para empreendimentos de grande escala com áreas de cultivo acima de 4 ha. Na média, o valor de 10% deve ser considerado durante o planejamento do empreendimento.

Brito (2000) citando vários autores identificou que o vento é o principal agente climático responsável a ser considerado durante a fase de implantação de casas de vegetação, de modo a oferecer o mínimo de resistência ao vento, sendo recomendado que a maior dimensão em planta da casa de vegetação seja orientada perpendicularmente à direção dos ventos dominantes. Quanto ao aproveitamento da radiação solar, de acordo com a autora, é mais adequado que a casa de vegetação seja orientada no sentido Leste-Oeste.

Através de experimento realizado com casas de vegetação na cidade de Viçosa, Brito (2000) verificou que o posicionamento e o distanciamento entre as casas de vegetação geraram um mascaramento do fluxo dos ventos predominantes, fazendo com que algumas casas de vegetação ficassem desfavorecidas quanto ao recebimento desses ventos. A partir do estudo realizado, a autora recomenda que se avalie o quanto ao distanciamento se deve ter entre as casas de vegetação, para que não haja interferência no recebimento da ventilação natural local. Apesar das casas de vegetação testadas analisadas não estarem exatamente na orientação Leste-Oeste verdadeira, durante as fases experimentais a maior influência percebida no recebimento da radiação solar no interior delas deveu-se principalmente ao distanciamento entre cada uma, das casas de vegetação na implantação, e não à orientação.

A partir do estudo realizado, Brito (2000) recomenda-se evitar a implantação de casas de vegetação próxima às encostas, taludes e barreira de árvores próximas a esses perfis de terreno para que o vento não penetre nas casas de vegetação de forma inadequada ou em mesmo seja desviado do fluxo desejado no interior das casas de vegetação. No caso de terrenos planos, como é o caso de da área de implantação do experimento, barreiras de vegetação planejada é desejada.

Tibiriçá et al. (2004) realizaram testes com soluções de cobertura em casas de vegetação para alface, a partir do exame das condições ambientais em quatro protótipos, iguais em termos de geometria arquitetônica e diferentes nas soluções dos

componentes de fechamento da cobertura para avaliar seus desempenhos na produção de alface em período de verão. Os autores utilizaram quatro estufas com as superfícies verticais Leste-Oeste teladas para facilitar a circulação dos fracos ventos predominantes locais (NO-SE) e as norte-sul com lona plástica transparente. Os autores observaram que em alguns momentos do dia, a posição relativa e a distância entre as casas de vegetação dificultaram o fluxo dos ventos predominantes. De um modo geral, a composição dos fechamentos laterais mostrou-se eficiente.

Conforme Zolnier (2004) com relação a topografia, a instalação deverá ser implantada em superfície plana para redução dos custos com a atividade de terraplenagem, contudo, o terreno deverá possibilitar a construção de um sistema de drenagem para escoamento de água de chuva ou proveniente de sistemas como o de propagação de plantas, que utilizam nebulização de água constantemente. Na medida do possível, o local deve permitir quebra-ventos naturais como linhas de árvores para amenizar o efeito destrutivo das rajadas de ventos. A recomendação é que a distância mínima entre as árvores e a instalação seja de aproximadamente 2.5 vezes a altura final do crescimento da árvore utilizada.

Ainda segundo Zolnier (2004) a construção em terrenos inclinados favorece gradientes de temperaturas e umidade do ar ao longo da instalação, pois o ar quente e alta concentração de vapor de água se deslocam para a parte mais elevada da instalação, alguns cuidados devem ser tomados quanto ao formato da cobertura para que a condensação sobre a superfície interna da cobertura não provoque gotejamento sobre as plantas.

Segundo Zolnier (2004) o uso de ambiente protegido quando usado para o agronegócio deve ter localização próxima dos centros consumidores e com boa disponibilidade de acesso com estradas bem conservadas. A disponibilidade de água em grande quantidade e de qualidade adequada é imprescindível para um empreendimento agrícola em ambiente protegido. No período de verão o consumo de água é intensificado pelo aumento da evapotranspiração, atingindo o valor máximo quando a altura do dossel vegetativo está plenamente desenvolvida. Em ambientes protegidos, essa fase de crescimento da planta pode consumir até 4 L/m². A qualidade de água precisa ser avaliada em laboratórios especializados se a sua disponibilidade é proveniente de rios que recebe afluentes de fábricas, áreas urbanas ou mesmo dejetos animais ou ainda se há a presença de excessiva de íons como sódio e cloro.

2.2.1 Modelos arquitetônicos

De modo geral, segundo Zolnier (2004) existem dois modelos de casa de vegetação: a estrutura em arco e a estrutura com inclinação constante. Vários modelos variantes proposto podem encontrados como o tipo capela de duas águas (Figura 1), modelo convectivo (Figura 2), modelo em arco (Figura 3), modelo túnel (Figura 4) e túnel baixo (Figura 5), pode ser encontrado na literatura. O autor recomenda que instalação com inclinação constante seja acentuada para evitar a ruptura do material pelo acúmulo de águas pluviais. Outra recomendação do autor é colocar treliças longitudinais próximas ao centro da cobertura, de modo a evitar afundamento do material plástico com o acúmulo de água da chuva.

Um aspecto negativo na cobertura plana consiste no fato de vapores de água se condensar na face interna da cobertura e provocar gotejamento sobre a cultura, principalmente no final da tarde, principalmente quando ocorre a ausência de ventos, facilitando a proliferação de doenças fungicidas.

As instalações em forma de arco são sempre as mais indicadas, pois, tem a vantagem do aumento progressivo da inclinação da cobertura do centro para as laterais da instalação, contribuindo para o escoamento da água no sentido da inclinação, sem o perigo de ruptura do plástico em consequência do acúmulo da água.

Outro aspecto arquitetônico apresentado por Zolnier é que a fixação do plástico de cobertura sofre dilatação ao longo do dia. Recomenda-se, para evitar danos ao plástico, que a instalação seja feita na faixa de temperatura máxima do dia, de modo a que a contração do material da cobertura se mantenha tensionada ao longo do dia.

Para Brito (2000) a forma da cobertura exerce influência direta na penetração da luz solar na edificação nas direções Leste-Oeste (LO) e Norte-Sul (NS). Conforme pode ser observado na Figura 6, a forma semicircular permite maior passagem da luz, tanto a iluminação que atinge a cobertura, quanto a iluminação que atravessa a cobertura, tendo em vista a incidência de raios solares perpendiculares à superfície.

A autora recomenda instalações conectadas apenas para estruturas com sistema climatizado para aproveitar as instalações da climatização. Instalações não climatizadas devem ser afastadas para que a ação do vento remova o excesso de umidade, evitando assim, condensação na face inferior da cobertura e gotejamento de água nas plantas.

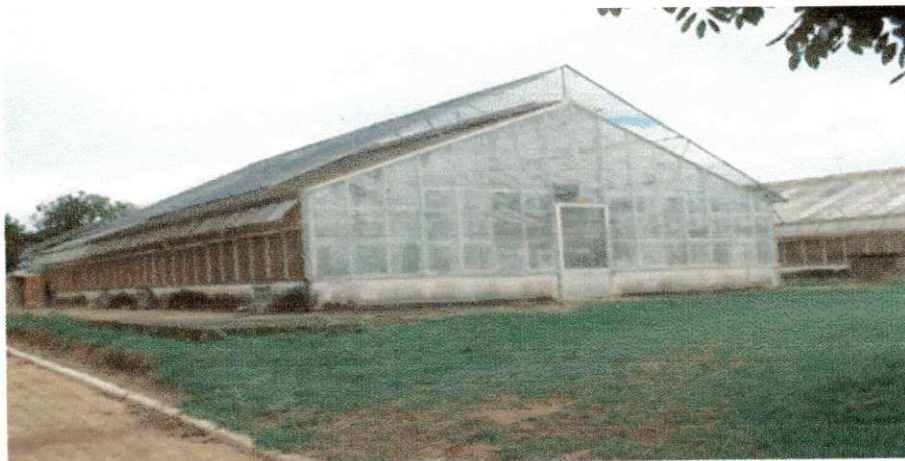


Figura 1 - Casa de vegetação com teto capela ou duas águas



Figura 2 - Casa de vegetação com teto convectivo



Figura 3 - Casa de vegetação em arco.



Figura 4 - Casa de vegetação tipo túnel.



Figura 5 - Casa de vegetação tipo túnel baixo.

Para Zolnier (2004) a estrutura das casas de vegetação pode ser de diversos materiais, conforme a aplicação das instalações. Usualmente são utilizadas estruturas de madeira, concreto e aço galvanizado.

A madeira, apesar de custo menor, tem a desvantagem de sofrer ação dos elementos climáticos que provocam apodrecimento e envergamento das peças estruturais. Madeira tratada tem maior durabilidade, no entanto, as substâncias tóxicas usadas no tratamento da madeira podem prejudicar a planta e as pessoas que operam as casas de vegetação. Apesar da desvantagem do uso estrutural, a madeira é eficaz na confecção de elementos internos como fixação das matérias plásticas, instalação de painéis laterais e formas para instalação de exaustores.

O concreto é vantajoso na durabilidade, mas seu custo inicial é alto, comparado com outros materiais. Um aspecto positivo no concreto é o acabamento das peças o que

dá melhor aparência da estrutura, além de não oferecer riscos de danos estruturais ou danos as plantas e operadores, comparado com a madeira.

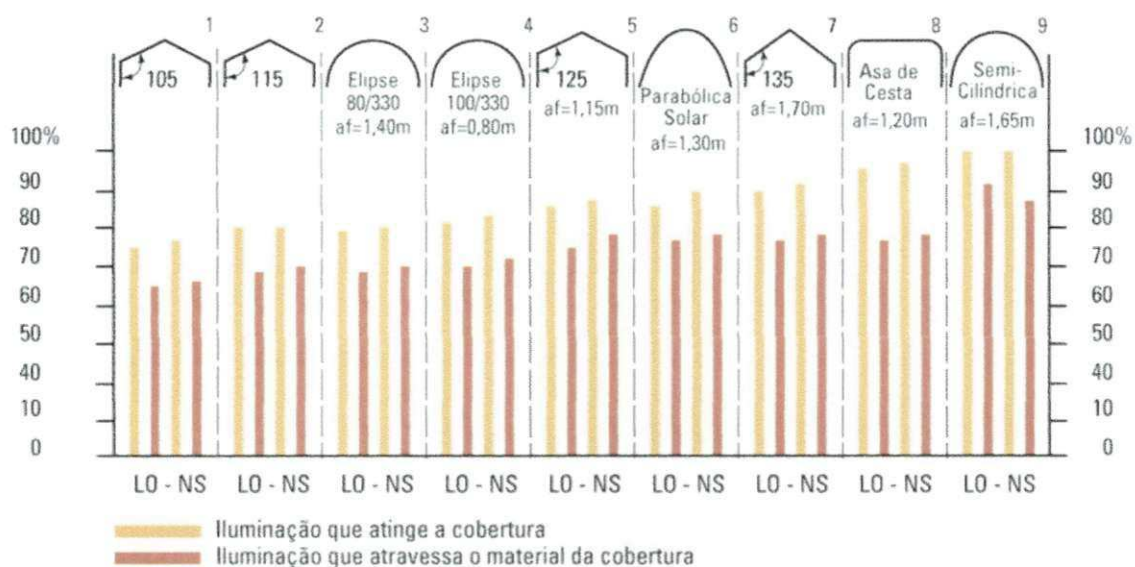


Figura 6 - Relação entre a forma da cobertura e a luminosidade interior (Nilsen, apud Brito, 2000).

O aço galvanizado vem cada vez mais sendo utilizado como elemento estrutural de casas de vegetação devido às vantagens de durabilidade, resistência e velocidade na montagem da estrutura. A desvantagem desse tipo de material está no custo de transporte da fábrica até o local da instalação. Em casas de vegetação tipo túnel baixa é comum o uso de vergalhão como elemento estrutural.

Outros materiais são empregados em menor escala como elemento estrutural em casas de vegetação tipo túnel baixo, principalmente o PVC e polietileno, devido ao custo baixo, facilidade de instalação e disponibilidade no mercado.

Brito (2000) citando vários autores verificou que a estrutura da casa de vegetação deve ser resistente, durável e planejada. O superdimensionamento de peças estruturais pode causar sombreamento indesejável em alguns períodos do ano. O principal fenômeno que ocorre dentro da casa de vegetação diz respeito ao efeito estufa, resultado da acumulação de calor no interior da envolvente, devido ao fato de os materiais de fechamento ser transparentes à radiação solar (ondas curtas) e opacos à radiação de ondas longas emitidas pelo solo, pelas plantas e pela própria estrutura interna da edificação. Dessa forma, os materiais componentes dos fechamentos têm fundamental importância na constituição das casas de vegetação, principalmente

quando se pretende adequar os modelos a diferentes climas, utilizando-se compostos por lona plástica transparente e tela de sombreamento.

2.2.2 Material de cobertura

Os materiais mais conhecidos para cobertura de instalações de ambientes protegidos, seja para fins comerciais ou pesquisas, são o vidro e o filme plástico de polietileno. O vidro, apesar de sua durabilidade tem custo elevado, tanto quanto ao material, quanto a estrutura de sustentação que exige boa resistência mecânica e modular, devido a rigidez dimensional das placas de vidro. Além disso, elementos estruturais do vidro aumentam o sombreamento das plantas.

No Brasil, essas características são vantajosas tendo em vista a alta incidência de radiação solar, no entanto, tem como desvantagem a deposição de poeira que aumenta o sombreamento e forma incrustações de difícil remoção. Outra desvantagem desse tipo de cobertura é a necessidade de aquecimento para instalações em climas temperados, que são da ordem de 40% superiores aos ambientes protegidos com filme de polietileno. Embora o vidro seja um bom refletor de radiação infravermelho, tem alto índice de infiltração, o que eleva os custos com aquecimento (ZOLNIER, 2004).

O filme de polietileno se constitui no principal material de cobertura de ambientes protegidos no Brasil. Segundo Zolnier (2004) as espessuras mais utilizadas são o filme polietileno de 100 e 150 μm , com aditivos que retardam a degradação do material pela ação dos raios ultravioleta.

Uma grande desvantagem do polietileno em relação ao vidro é a transmissibilidade à radiação infravermelha, permitindo o resfriamento rápido da instalação, principalmente no inverno, o que se constitui em vantagens para climas quentes. Como solução, já existe no mercado filmes com bloqueadores infravermelhos para amenizar as perdas causadas pela emissão de radiação de ondas longas. Filmes impregnados com aditivos bloqueadores de radiação infravermelha têm índice de transmissividade de 82 e 67%, respectivamente, quando são utilizados dois filmes na cobertura.

A utilização de dois filmes afastados 10 cm um do outro é um recurso utilizado em países de clima temperado em que há necessidade de aquecimento do interior de casas de vegetação. No entanto, o insuflamento de ar entre dois filmes plásticos é uma

técnica adequada para redução de carga de aquecimento. Em climas quentes essa técnica poderia ser utilizada para atenuar o aquecimento no interior do ambiente. Zolnier recomenda um afastamento de 1 a 10 cm entre as lâminas plásticas nesse tipo de cobertura.

Com base em diversos autores, Brito (2000) comenta que a lona plástica é usada na cobertura e no barrado, atentando-se para espessura, a qualidade da matéria-prima, o processo de fabricação e os aditivos usados contra a degradação causada pelos raios ultravioletas na determinação da vida útil do material de cobertura.

A autora recomenda que as laterais da casa de vegetação sejam fechadas com tela de sombreamento, para permitir a saída do ar quente acumulado no seu interior e para diminuir a entrada de insetos, aves e outros animais indesejáveis.

No mercado nacional já há agrofilmes fabricados no Brasil com recursos aditivos, estabilizantes à luz e oxidantes, filtro anti ultravioleta, filtros de luz, filtro anti-ultravioleta difusor de luz, no entanto, são produtos de difícil acesso por parte de pequenos produtores, tendo em vista não serem comercializados em lojas de varejo. Além dos agrofilmes, as lonas plásticas são largamente utilizadas por serem mais acessíveis em lojas de produtos agropecuários, sendo encontradas em várias espessuras e cores.

Brito (2000) realizou ensaios com lonas plásticas para definir qual era o comportamento dos materiais com relação à transmissão de luz. Foram testados: lonas plásticas nas cores azul (150 μm), amarela (100 μm), preta (100 μm), transparente (150 μm) e verde (150 μm). Cada material foi fixado em uma moldura quadrada com 15 cm de lado. Essa moldura foi posicionada perpendicularmente à direção de incidência dos raios solares com a ajuda de uma haste e de um apoio. As medições foram realizadas em condições de sol descoberto e céu claro com um luxímetro (digital, resolução de 1 lux). As leituras foram realizadas durante três dias seguidos, a cada duas horas, das 8 às 18h. O luxímetro foi posicionado sobre a face superior do material para a leitura da quantidade de luz que atingia essa superfície. Posteriormente foi posicionado a 10 cm da face inferior do material e registrada a leitura da quantidade de luz que passou pelo material. Com as duas leituras, pôde-se determinar o fator de sombreamento de cada material, sendo os resultados apresentados na tabela 1.

Os resultados obtidos pela autora mostram que a lona azul, amarela e a preta, oferecem melhores sombreamentos para ambientes com altas incidências de luz, como é o caso da região do semiárido, sendo as mais indicadas à lona azul ou a amarela.

Tabela 1 - Percentual médio de sombreamento de lonas plásticas

Lonas	Percentual médio de adsortividade
Lona plástica azul	77,7
Lona plástica amarela	59,7
Lona plástica preta	99,8
Lona plástica transparente	8,7
Lona plástica verde	23,8

Fonte: Adaptado de Brito (2000)

Brito (2000) empregou em seu estudo com casas de vegetação com e sem sombreamento lona plástica esticada no sentido das laterais. Para os fechamentos laterais, foram utilizadas lona plástica e tela de sombreamento com fator de sombra de 50% e 1,50m de largura. A lona plástica, com a função de evitar respingos da chuva no interior da envoltória, foi fixada aos pilares externos da casa de vegetação a uma altura de 0,50m; sendo que a outra lateral foi enterrada no solo. A tela de sombreamento foi grampeada a 0,50m do solo. A colocação dessa tela objetivou permitir a ventilação natural e evitar a entrada de insetos e animais indesejáveis. Nas casas de vegetação com sombreamento, foi esticada a tela preta com fator de sombra de 50%. No encontro das superfícies geradas pelos elementos semicirculares foi colocada uma calha para escoamento da água da chuva, confeccionada com a mesma lona plástica. Nas casas de vegetação com lanternim, foi colocada uma calha de lona plástica permitindo uma abertura com largura de 10% do vão. A calha foi feita com 0,70m de largura, deixando-se um trespasse de 0,15m de cada lado da abertura para evitar a entrada da água da chuva.

Com a aplicação do modelo, a autora concluiu que as casas não-sombreadas não atenderam às necessidades termoluminosas das alfaces que apresentaram temperaturas máximas entre 25°C e 38°C, e valores médios de radiação luminosa de 220 W.m⁻² (céu nublado e sol encoberto) até 850W.m⁻² (céu limpo e sol descoberto). As casas sombreadas foram mais eficientes no atendimento das necessidades termoluminosas das alfaces: apresentaram temperaturas máximas entre 23,5°C e 34 °C, e valores médios de radiação luminosa de 100 W.m⁻² (céu nublado e sol encoberto) até 450W.m⁻² (céu limpo e sol descoberto). Entre os tratamentos de igual sombreamento, não foi percebida diferença significativa no uso do lanternim.

2.2.3 Instalação de equipamentos de climatização

Ainda segundo Zolnier (2004) os equipamentos de climatização são utilizados para proporcionar um micro clima mais favoráveis a uma cultura específica. As principais técnicas são o sombreamento, ventilação, resfriamento evaporativo e aquecimento. Instalações não climatizadas e mal ventiladas podem alcançar a temperatura de 45°C, nas horas mais quentes do dia. Muitas instalações usam ventilação e resfriamento evaporativo de forma conjugada, principalmente no verão quando as altas temperaturas estão associadas a baixos valores de umidade relativa do ar, existindo um potencial para resfriamento evaporativo. A redução da temperatura do ar é conseguida criando-se condições para evaporação da água. Nesse processo, cada grama de água evaporada necessita de aproximadamente 590cal sendo essa energia retirada do próprio ar, reduzindo assim a temperatura.

2.3 Características físicas dos elementos meteorológicos

As casas de vegetação são construções utilizadas com o intuito de aproveitar melhor as condições climáticas em benefício do crescimento e desenvolvimento das plantas em épocas em que as condições de clima não são adequadas para esta atividade.

O desenvolvimento das plantas no interior de casas de vegetação é mais acelerado que em campo aberto sendo necessário o fornecimento de consumo de insumos de maneira mais criteriosa. Portanto, é um conhecimento mais profundo das necessidades de cada cultura, bem como do seu estágio de desenvolvimento (enraizamento, crescimento ou corte). Laranjeiras (2005), citando vários autores, ressalta que as condições climáticas em ambientes protegidos são determinantes para o desenvolvimento das plantas. Para o autor, as casas de vegetação são construções com o intuito de aproveitar as condições climáticas em benefício do desenvolvimento da das plantas em condições não adequadas em ambientes não protegidos. O desenvolvimento das plantas em ambientes protegidos é acelerado, com aumento de insumos sendo, portanto, seu fornecimento e forma criteriosa. Para construção do ambiente protegido, vários aspectos devem ser considerados. Dentre os fatores climáticos mais importantes destacam-se: Radiação solar, Temperatura, Umidade e Fluxo de Ar.

2.3.1 Radiação solar

A radiação solar é o principal elemento meteorológico, pois desencadeia todos os fenômenos meteorológicos, afetando todos os outros elementos como temperatura, pressão, vento, umidade e chuva. A radiação de onda curta influencia o crescimento da planta em dois aspectos: radiação fotossinteticamente ativa – PAR, (400 a 700 nm), que é necessária para a fotossíntese que é o processo básico para o desenvolvimento da planta e o total de energia que é o principal fator que afeta a transpiração.

O aumento da intensidade luminosa promove um aumento na atividade fotossintética, o que resulta em maior produção de hidratos de carbono e, desta forma, eleva o teor de matéria seca nos vegetais. Por outro lado, a falta de luminosidade provoca um maior alongamento celular, o que resulta em estiolamento (um aumento em altura e extensão da parte aérea), porém sem elevação no teor de matéria seca.

Para Ometto apud Brito (2000) os comprimentos de onda na faixa do azul (400 a 450nm) são os de maior eficiência fotossintética em todo o espectro de radiação solar, tendo o seu pico máximo ao redor de 429 nm. O intervalo de 450 a 600nm compreende o final do azul, a banda do verde, do amarelo e o início do laranja. Nessa faixa a absorção é muito baixa, a reflexão é elevada, e encontra-se a maior irradiância de todo o espectro solar (energia por comprimento de onda). Na faixa que engloba o final do laranja e o vermelho (600 a 780 nm), existe uma banda de absorção para efeito fotossintético, tendo seu pico máximo em redor de 660nm. No entanto, a eficiência fotossintética do comprimento de onda de 660nm é igual a 60% da eficiência máxima dada pelo comprimento de onda de 429nm.

2.3.2 Temperatura do ar

A temperatura do ar no interior de ambientes protegidos está intimamente ligada ao balanço de energia. Depende, portanto, dos processos de incidência de radiação solar, reflexão e re-irradiação através dos objetos no interior da estufa, convecção e condução através da cobertura, renovação do ar, evapotranspiração e troca de calor com o solo. A renovação de ar por meio de ventilação natural através da abertura de janelas e cortinas possibilita reduções significativas na temperatura no interior da estrutura.

A temperatura influi no desenvolvimento vegetativo, no florescimento, na frutificação, na formação das partes tuberosas ou bulbosas, bem como na produção de

sementes. Cada espécie botânica possui sua própria faixa de temperatura favorável à germinação, ao crescimento e outras atividades fisiológicas.

Brito (2000) realizou pesquisa com o objetivo de examinar as condições ambientais de quatro casas de vegetação, iguais em concepção e geometria arquitetônica, porém, diferentes nas soluções dos componentes de fechamento da cobertura, para avaliar o desempenho destes modelos na produção de alface em períodos de verão.

A autora analisou quatro casas de vegetação, sendo a cobertura semicilíndrica foi composta por duas estruturas de metal com diâmetro de 3,5m, uma em cada módulo, outras duas casas de vegetação já existiam e outras foram construídas, com iguais fechamentos laterais e orientação, distinguindo-se na composição de fechamento da Cobertura. Para fins de avaliação de foram considerados quatro tratamentos: (T) casa de vegetação testemunha, com fechamento em lona plástica na cobertura; (L) casa de vegetação com fechamento em lona plástica e com componente de ventilação (lanternim); (LS) casa de vegetação com fechamento composto por lona plástica sob tela de sombreamento, associado a componente de ventilação (lanternim); e (S) casa de vegetação com fechamento composto por lona plástica sob tela de sombreamento. O experimento de campo compreendeu duas fases distintas de plantio de alface no solo.

Como resultados da pesquisa realizada pela autora, as casas não-sombreadas não atenderam às necessidades termoluminosas das alfaces que apresentaram temperaturas máximas entre 25°C e 38°C, e valores médios de radiação luminosa de 220 W.m⁻² (céu nublado e sol encoberto) até 850W.m⁻² (céu limpo e sol descoberto). Tais valores são considerados ideais para a cultura da alface (temperaturas entre 25°C e 39°C e quantidade de radiação em torno de 240 W.m⁻² As casas sombreadas foram mais eficientes no atendimento das necessidades termoluminosas das alfaces que apresentaram temperaturas máximas entre 23,5°C e 34°C, e valores médios de radiação luminosa de 100 W.m⁻² (céu nublado e sol encoberto) até 450W.m⁻² (céu limpo e sol descoberto).

Tibiricá et al. (2004) realizaram testes com soluções de cobertura em casas de vegetação para alface, a partir do exame das condições ambientais em quatro protótipos iguais, em termos de geometria arquitetônica e diferentes nas soluções dos componentes de fechamento da cobertura, para avaliar seus desempenhos na produção de alface em período de verão. Os resultados obtidos nas condições climáticas

geralmente mais desfavoráveis à produção de alface no verão, céu claro e sol descoberto, durante as 24 horas do dia, tiveram comportamentos térmicos praticamente idênticos das casas de vegetação avaliadas. Os autores concluíram que da análise do comportamento térmico das casas de vegetação não-sombreadas o lanternim invertido configurado na casa de vegetação praticamente não contribuiu termicamente e, ainda, permitiu a intrusão de pequenos pássaros e inseto.

Nas casas sombreadas, o lanternim invertido praticamente não contribuiu para a diferenciação do desempenho térmico. A diferença de aproximadamente 3,5°C, no horário mais quente do dia, entre as casas de vegetação sombreadas e as não-sombreadas, deveu-se predominantemente à existência do sombreamento da radiação solar pela tela na cobertura.

2.3.3 Umidade do Ar

Os valores da umidade relativa do ar são inversamente proporcionais à temperatura do ar e muito variáveis no interior do ambiente protegido. Desta forma, com o aumento da temperatura, durante o período diurno, a umidade relativa diminui no interior da estrutura, tornando-se igual ou inferior a umidade observada externamente. Durante a noite, a umidade relativa aumenta bastante, frequentemente próxima a 100%, devido à queda acentuada na temperatura verificada neste período e a retenção de vapor d'água pela cobertura.

A umidade em ambientes protegidos existe sob duas formas: vapor d'água e evapotranspiração. O vapor d'água é resultante do resfriamento, até atingir o ponto de orvalho. A formação do orvalho na superfície das folhas e na face interna da superfície da cobertura é bastante comum em estufas e propicia condições favoráveis a infecção por patógenos.

O experimento realizado por Brito (2000), citado anteriormente, mostrou que as observações realizadas a 0,30 m de altura do solo, durante a primeira fase experimental, em condições de sol encoberto, as casas de vegetação com sombreamento apresentaram perfil de umidade relativa do ar quase coincidente e as casas de vegetação sem sombreamento o ar exterior e a casa de vegetação sombreada apresentaram perfis similares de umidade relativa do ar.

No horário mais quente do dia, a diferença de umidade relativa do ar atingiu o mínimo de 3% entre as casas de vegetação não-sombreadas em relação às casas com sombreamento. Isso indica que os materiais das coberturas apresentaram os mesmos efeitos na umidade relativa do ar interior encontrados sob condições de sol descoberto. As casas de vegetação sombreadas apresentaram no período mais quente do dia valores de umidade relativa do ar, inferiores aos encontrados no ar exterior.

Na primeira fase experimental realizado pela autora, nas observações a 2,00 m de altura, mostrou que o perfil de umidade relativa do ar de cada casa de vegetação apresentou-se praticamente igual ao observado a 0,30m; podendo-se afirmar que houve distribuição uniforme de umidade relativa no interior das edificações, independentemente da altura de coleta.

Nas observações realizadas a 0,30 m, de altura do solo durante a segunda fase experimental, em condições de sol encoberto, os perfis de umidade relativa do ar das quatro casas de vegetação foram similares e próximos nos horários mais quentes do dia. A autora deduziu que a pequena diferença dos valores mínimos de umidade relativa do ar entre as casas não sombreadas e as sombreadas seja consequência da composição da cobertura no comportamento do termômetro de globo seco dos ambientes de igual tratamento.

2.3.4 Fluxo de Ar (vento)

O vento aumenta a renovação de ar em torno da folha, aumentando a condutância aerodinâmica, resultando em valores de transpiração das plantas mais elevados. No interior da estrutura, quando ventilada, ocorre a retirada do ar úmido, entrando mais ar seco e menos quente, vindo do exterior do ambiente, o que também contribui para o aumento da evapotranspiração.

A variação da umidade do ar no interior da estrutura depende principalmente da temperatura do ar e da ventilação. Por sua vez, a temperatura do ar varia principalmente em função da densidade de fluxo de radiação solar incidente e da própria ventilação, a qual depende da área, tipo, localização e manejo da abertura e da velocidade de troca do ar do interior com o exterior. Há dois tipos de ventilação, a natural e a forçada. A natural depende basicamente do formato das instalações e das características climáticas regionais. A ventilação forçada ocorre através de exaustores ou ventiladores, devidamente dimensionados e posicionados nas estruturas de cultivo.

Todas essas características ambientais são de extrema importância no desenvolvimento das plantas em ambientes protegidos e vem sendo estudadas e pesquisadas em regiões de clima quentes e no verão. Tibiriçá et al. (2004) afirmam que para atender as demandas físico-químicas-ambientais dos vegetais nas diferentes épocas do ano é necessário conhecer as atividades e a forma como extraem e usam os recursos do meio. Segundo Felipe, apud Tibiriçá et al. (2004) o desenvolvimento de uma planta caracteriza-se pelo crescimento e forma do corpo por meio de padrões sucessivos de diferença e morfologia. O crescimento caracteriza-se mediante aumento de tamanho, peso e volume. A morfogênese é a produção e evolução das formas e arranjo das estruturas dos organismos vegetais.

O desenvolvimento vegetativo das plantas responde aos ambientes aéreos e subterrâneos. O desenvolvimento ótimo dos vegetais ocorre dentro das faixas ambientais relacionadas aos processos de fotossíntese e respiração, as quais são responsáveis pela transformação de energia luminosa em energia química e produção de compostos orgânicos.

A radiação solar, temperatura, umidade do ar, ventilação e precipitações são agentes ambientais a considerar no verão. Em termos de exigência físico-ambientais de temperatura e radiação, os vegetais comportam-se de acordo com sazonalidade climática e condicionam o comportamento dos vegetais como usuários de ambientes protegidos (Tibiriçá et al., 2004).

Para os autores, uma planta mais iluminada respira mais que a planta sombreada. Uma planta sombreada torna-se mais eficiente na realização da fotossíntese. Outra reação de plantas sombreadas é a eliminação de células entre a epiderme e o mesofil nas folhas, que faz com que a folha fique mais fina, acelerando o processo de fotossíntese ao tornar os pigmentos mais fáceis de serem tingidos.

A combinação de temperatura e umidade é responsável pela difusão do calor e massa entre um corpo e o meio envolvente, criando condições de equilíbrio térmico. Para Sganzella, apud Tibiriçá et al. (2004) quando a temperatura está acima do limite ideal de temperaturas, a planta transpira demasiadamente e pode captar água do sistema radicular entre as folhas, fechando os estômatos para evitar a perdas de água e conseqüentemente queda da fotossíntese. Da mesma forma, quando a umidade do ar é mais baixa do ideal, as plantas se desidratam com facilidade e com a umidade acima do ideal a planta fica suscetível a doenças.

Oliveira et al. (2006) avaliaram o desempenho de cultivares de alface com proteção de agrotexil em condições de alta temperatura e luminosidade na cidade de Mossoró, utilizando três formas de proteção e sem proteção, agrotexil diretamente na planta e estrutura em forma de túnel, com 50 cm de altura. As variáveis de crescimento foram massa fresca da parte aérea, produtividade e número de folhas.

Os resultados obtidos pelos autores mostraram que, independente da cultura, o tratamento com agrotexil na forma de túnel registrou maior rendimento da massa fresca da parte aérea e maior produtividade. Observou-se também que o agrotexil modifica o ambiente atuando como uma barreira à água, radiação e a ventilação, separando a cultura do ambiente externo, gerando modificações microclimáticas (radiação, temperatura, umidade do ar e do solo). O estudo apresentou melhores respostas na redução das temperaturas e luminosidade elevada ao longo do ciclo, favorecendo o desempenho da alface.

O estudo também mostrou que a alface submetida a sombreamento pode sofrer alterações morfológicas. Plantas sem proteção formaram folhas mais alongadas e estreitas, enquanto plantas no ambiente protegido produziram folhas mais largas com formato oval. Os autores observaram que o sombreamento na fase de mudas favorece a maior produtividade e acúmulo de massa seca.

2.4 Análise das características agronômicas

Além do controle dos fatores ambientais em ambientes protegidos, análise do crescimento das plantas deve ser observada. A análise do crescimento é um método que descreve as condições morfológicas da planta em diferentes intervalos de tempo entre duas amostras sucessivas (Magalhães, 1979). Segundo Benincasa (2003) esse tipo de análise baseia-se fundamentalmente no fato de que cerca de 90%, em média, da matéria seca acumulada pelas plantas, ao longo de seu crescimento, resulta da atividade fotossintética e o restante pela absorção de nutrientes minerais.

Para a autora, como o crescimento é avaliado por meio de variações de tamanho de algum aspecto, geralmente morfológica, em função da acumulação de material resultante da fotossíntese líquida, essa passa por aspectos fisiológicos de maior importância para a análise do crescimento.

A autora ainda afirma que a análise do crescimento permite avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos para o crescimento total. A partir dos dados podem-se aferir atividades fisiológicas de forma precisa as causas de variação de crescimento entre plantas geneticamente diferentes ou entre plantas semelhantes em ambientes diferentes. Dentre outros objetivos a análise do crescimento pode ser útil no estudo do comportamento vegetal sob diferentes condições ambientais, incluindo condições de cultivo. De forma a selecionar cultivares ou espécies que apresentem características funcionais mais apropriadas ao objetivo do experimentador.

Ainda segundo Benincasa (2003) o crescimento de uma planta pode ser estudado por diferentes medidas: lineares, superficiais, volumétricas, peso e número de unidades estruturais:

2.4.1 Medidas lineares

A análise das medidas lineares pode ser realizada pela altura da planta, comprimento e diâmetro do caule, comprimento e largura das folhas, comprimento de ramificações, diâmetro do caule, comprimento entre nós, comprimento e diâmetro da inflorescência e da infrutescência. Diâmetros e comprimentos de estruturas como caules ramificações, flores, frutos, bulbos, tubérculos, raízes, etc., podem ser medidas através de plantas intactas ou colhidas para análise.

Essas medidas de dimensões lineares são úteis e, em alguns casos, as únicas possíveis de serem feitas quando há pouco material vegetal disponível para análise. Dependendo do número de plantas, pode medir todas ou definir um número determinado que seja medido durante todo período de observação.

2.4.2 Medidas de superfícies

O crescimento pode ser acompanhado a partir de contagem de unidades estruturais morfológicas ou anatômicas, como ramificações, folhas, frutos e raízes. Essas medidas podem fornecer informações importantes quanto a fenologia e são usados para detectar diferenças entre tratamentos estabelecidos. São medidas anatômicas que podem esclarecer as diferenças funcionais entre plantas ou interações destas com o ambiente.

Essas medidas estão relacionadas à determinação ou estimativa de superfície fotossinteticamente ativa. As folhas, salvo raras exceções, são os órgãos vegetais responsáveis pela fotossíntese. As folhas são formadas por limbo ou lâmina foliar e pelo pecíolo ou bainha, dependendo do tipo de planta. Tendo em vista que o pecíolo e bainhas têm mínima contribuição na fotossíntese, devido à razão superfície/volume de bainha, pecíolos e caules que muito baixa, dificultando as trocas gasosas entre tecido e ar e a estrutura de distribuição de cloroplasto, quando comparada com a do limbo foliar, as medidas recaem no limbo foliar por ser exposta a radiação solar e contribuírem em maior medida para a fotossíntese da planta. A medida da área foliar de uma planta ou unidade de planta pode ser feita por meio de medidas diretas na lâmina da planta ou na folha não destacadas por diferentes métodos, como o uso de planímetro, medidor de área, contornos foliares, uso de áreas conhecidas de lâminas, método dos quadrados ou pontos.

Para Castro et al. (2003) a área foliar é considerada uma característica referencial associada ao processo de captação de energia responsável pela produção de matéria orgânica e, conseqüentemente, pelo crescimento basal da planta. Para Conceição et al. (2005) a área foliar é um índice importante em estudos de nutrição e crescimento vegetal, uma vez que determina o acúmulo de matéria seca, metabolismo vegetal, a capacidade fotossintética potencial, o rendimento e a qualidade da colheita.

Ainda segundo Benincasa (2003) as medidas obtidas ao longo do ciclo da cultura em plantas intactas ou colhidas, sejam tabeladas de a forma a serem analisadas matematicamente ou graficamente. As equações de regressão não corrigem as oscilações normais como permitem avaliar a tendência do crescimento em função do tratamento.

Tibirijá et al. (2004) realizaram estudo para avaliar protótipo de casas de vegetação de baixo custo que pudessem ser facilmente encontrado no mercado. Os autores avaliaram quatro estufas de 7x8 m no verão, distanciada pelos menos 3 metros uma das outras. Com variáveis agronômicas foram avaliados a massa e diâmetro da planta, número e massa das folhas, número de brotações, comprimento e massa do caule e teor de umidade das folhas. Os autores concluíram que as alfaces das estufas sombreadas apresentaram coloração mais clara, espessuras mais finas das folhas e caules mais curtos e menos pesados que as das alfaces não sombreadas. Por essas

características agronômicas, as alfaces do tratamento sombreado foram classificadas como de qualidade superior para o consumo e a comercialização.

Barros Júnior et al. (2004) avaliaram o rendimento de alface cultivadas em túnel baixo de agrotêxtil na cidade de Mossoró. O experimento foi realizado em túneis de 50 cm de altura com cobertura agrotêxtil e uma testemunha. As alfaces foram colhidas 47 dias após a semeadura e avaliadas como características agronômicas a altura e diâmetro das plantas, número de folhas, massa seca da parte aérea e produtividade. Os resultados obtidos mostraram efeitos pouco significativos comparados com a produção da região, porém, a produtividade superou a média da região. Com excesso de acúmulo de folhas e massa seca da parte aérea, as alfaces cultivadas em ambientes protegidos foram superiores as alfaces cultivadas em ambientes sem proteção.

Oliveira et al. (2006) avaliaram o desempenho de cultivares da alface com proteção agrotêxtil em condições de alta temperatura e luminosidade. Os tratamentos resultaram de três culturas de alfaces (Babá de Verão, Tainá e Verônica) e três formas de proteção (sem proteção, agrotêxtil diretamente na planta e túnel com, aproximadamente, 50 cm de altura). Os autores avaliaram o número de folhas por planta, massa fresca e seca da parte aérea e produtividade. Os dados obtidos foram submetidos a uma análise de variância quando atingia diferença significativa. Entre os tratamentos, as médias foram compradas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos pelos autores mostram que a massa fresca da parte aérea, produtividade e número de folhas por planta, houve efeitos significativos da interação das cultivares e tipos de proteção. Observaram que o tratamento com agrotêxtil na forma de túnel registrou maior massa fresca da parte aérea e produtividade. Verificou-se que as melhores respostas devem-se, provavelmente, a redução das temperaturas e luminosidades elevadas ao longo do ciclo, favorecendo ao maior desempenho da alface. Com relação ao número de folhas por planta, os autores observaram maiores valores no tratamento sem proteção dentro da cultura Tainá, que as demais cultivares os valores similares entre os tipos de proteção. Para a massa seca da parte aérea, houve efeito significativo com o tratamento túnel da agrotêxtil.

Conforme pode ser observados em experimentos em ambientes com forte radiação solar e luminosidade, as variáveis agronômicas são de grande importância para verificar a influência do ambiente no desenvolvimento das plantas. A maioria dos experimentos aborda a avaliação de cultivares e espécies diferentes, o que exige análise

matemáticas e gráficas. A presente pesquisa objetiva avaliar a ambiência de dois modelos de casas de vegetação com uma espécie de alface, sendo, portanto, necessária apenas análise agrônômica da altura da planta e largura do dossel, área foliar por planta, massa fresca e seca e número de folhas por planta.

2.5 Alface

Sob o aspecto botânico, segundo Hermann et al. (2010), a alface é uma planta presa a um pequeno caule, com folhas lisas ou crespas, verdes, arroxeadas ou amareladas. Pode ou não formar “cabeça”, dependendo das inúmeras variações. Seu ciclo é anual e na fase reprodutiva, emite uma haste com flores amarelas agrupadas em cacho que produz uma substância leitosa e amarga chamada *lactosarin*. Suas sementes podem ser aproveitadas para novos plantios.

Ainda segundo Hermann et al. (2010) o plantio da alface pode ser feito durante todo o ano. A germinação leva de 4 a 6 dias e quando estão com 2 a 3 folhas e com 8 a 10 cm, devem ser replantados em canteiros, com solos argilo-arenosos, ricos em matéria orgânica, bem adubada, de modo que a planta fique com o colo acima do nível do solo e com espaçamento de 30 cm entre as plantas. Só devem ser plantadas as mudas mais desenvolvidas, fortes e saudáveis.

Lima (2007) citando vários autores assinala que um dos fatores que afeta a produtividade da alface é o clima. O calor intenso, com dias longos e excesso de chuvas dificulta o desenvolvimento da alface, favorecendo pendoamento precoce, tornando as folhas leitosas e amargas, com baixo valor comercial.

Ainda segundo Lima (2007) a temperatura do ar é o elemento climático que exerce maior influência nos processos fisiológicos das alfaces, podendo acelerar ou retardar as reações metabólicas, sob condições de temperatura ótima ou inferiores a esta, respectivamente. Para todas as cultivares de alface, a ocorrência de dias curtos e temperaturas amenas favorecem a etapa vegetativa. A umidade relativa do ar pode afetar a transpiração, e, como consequência, causam mudanças na condutância estomática, afetando as interações com a fotossíntese e produção de matéria seca e o índice de área.

Para a Avaliação das casas de vegetação utilizou-se a alface crespa do tipo Elba, tendo em vista ser uma variedade largamente cultivada na região. A Alface (*Lactuca*

sativa L.) é uma hortaliça da família *Cichoriaceae*, de origem asiática introduzida no Brasil, através dos portugueses. É uma planta típica de inverno, porém, com melhoramento genético há uma variedade diversa, que propicia o cultivo o ano inteiro.

O grupo Crespa, tipo Elba tem preferência em solos arenosos argilosos com baixa acidez e com bastante matéria orgânica, com PH de 6 a 6,8. A germinação leva de 4 a 6 dias e quando estiverem com 2 a 3 folhas ou com 8 a 10 cm de altura, devem ser transplantados em canteiros bem adubados, de modo a que a planta fique com o colo acima do nível do solo e com espaçamento de 20 a 30 cm entre as plantas. Após o transplante, de 60 a 70 dias a alface estará pronta para a colheita.

2.6 Barragem subterrânea

Em regiões do semiárido com baixa pluviosidade e com evapotranspiração de 2000 mm/ano, o déficit hídrico é bastante alto. Para contornar esse tipo de problema, várias soluções são adotadas para acumular e armazenar água, como barreiros, comumente usados na região.

As barragens subterrâneas são constituídas pelo barramento do fluxo d'água subterrâneo no leito de um riacho ou barrando o fluxo em uma determinada área que apresente inclinação suficiente, gerando uma área de acumulação onde poderá ser instalado um sistema de produção (AZEVEDO et al., 2010).

As principais vantagens das barragens subterrâneas apresentadas por Azevedo et al (2010) referem-se a pequena perda de água por evaporação, aproveitando o processo natural de sub-irrigação, pequeno custo de construção e manutenção, eventuais problemas de perda d'água.

Para construção da barragem subterrânea, conforme estudo realizado por Brito et al. (1999), a primeira etapa consiste da seleção da área, onde se deve abrir trincheiras até a camada impermeável. Preferencialmente devem-se utilizar solos aluviais, não muito profundos, no máximo 3 a 4 m, textura média a grossa e declividade de até 3 a 4 % ou áreas em linhas de drenagem natural e realizar um levantamento planialtimétrico.

Na segunda etapa abre-se uma valeta transversal ao leito do rio ou à linha de drenagem, com profundidade até a camada impermeável e largura, que varia em função da profundidade desta camada, do tipo de solo e do material a ser usado para a construção da parede.

Para construção da barragem subterrânea Brito et al. (1999) recomenda uma camada de argila depositada na valeta, em camadas uniformes de no máximo 10 cm e que, após umedecida e compactada manualmente, forme camadas com aproximadamente 5 cm. Para as paredes podem ser utilizados materiais como alvenaria, pedra e lona plástica. A lona plástica é o material mais utilizado na região Nordeste.

Na aplicação de lona plástica, Brito et al. (1999) recomenda fazer um reboco a jusante, usando-se barro e água, para uniformizar o corte do talude e evitar perfurações no plástico, através de pontas de pedra, raízes e outros substratos. Na parte inferior, a montante, deve-se abrir uma valeta na camada impermeável e outra na superfície do solo, a jusante, com 20 x 20 cm, para fixar as extremidades da lona plástica usando-se a mesma argamassa de barro utilizada no reboco.

Na presente pesquisa, a técnica utilizada foi o barramento de água (Figura 7) proveniente de irrigação de canteiro em ambiente protegido, como forma de barrar a água pelo processo de gravidade e capilaridade.

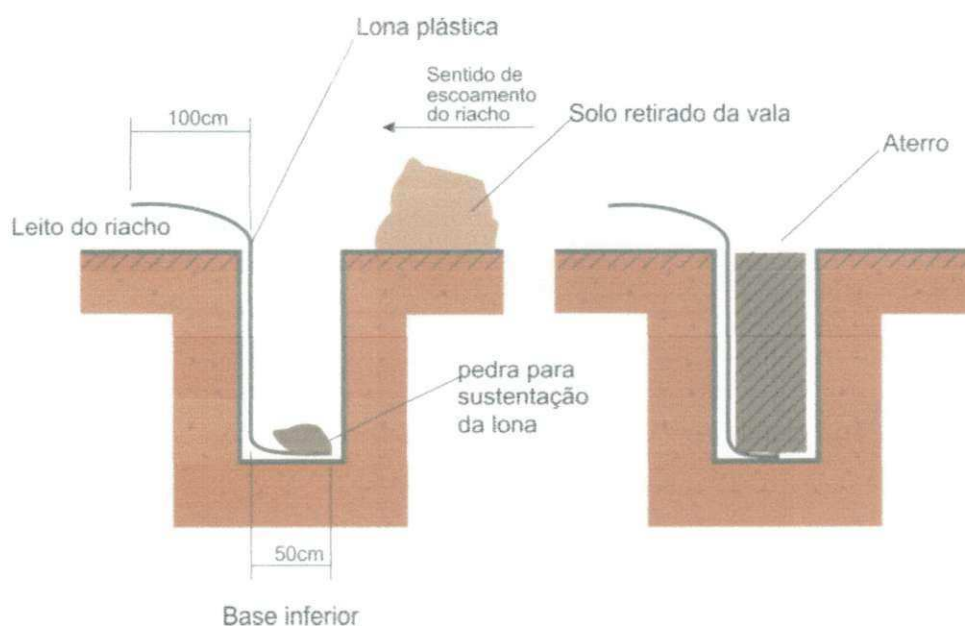


Figura 7 - Esquema de construção da barragem.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi desenvolvida na área de experimentos do Laboratório de Construções Rurais e Ambiente - LACRA, do programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina Grande.

A cidade de Campina Grande localiza-se a 7°13'11" de latitude sul e a 35°52'31" de longitude oeste. Apresenta um relevo alto e ondulado com curvas de nível variando entre 325 m e 670 m acima do nível médio do mar e situa-se na região oriental do Planalto da Borborema.

Conforme Cunha et al. (2009) de acordo com a classificação climática de Köeppen, o tipo de clima encontrado em Campina Grande é As' (quente e úmido com chuva de outono-inverno). Caracteriza-se por apresentar chuvas de outono - inverno e um período de estiagem de cinco a seis meses. O período seco começa em setembro e prolonga-se até fevereiro, sendo mais acentuado no trimestre da primavera, sendo novembro o mês mais seco. A estação chuvosa começa em março/abril e encerra em agosto. As temperaturas do ar variam entre a máxima anual de 28,6 °C e a mínima 19,5 °C e a umidade relativa são bastante uniformes em toda a região, com médias em torno de 80% conforme dados do Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto - LMRS/PB de 2007. A insolação média de 222,4 horas. Os dados de evaporação revelam um total anual em torno de 1.417,4 mm, condição própria das zonas semiáridas de latitudes tropicais e uma precipitação média anual de 802,7 mm (Figura 8).

Para realização da pesquisa foram desenvolvidas e implantadas duas casas de vegetação com arquiteturas diferentes, utilizando-se os mesmos materiais, sendo uma casa de vegetação com barramento (CB) e outra sem barramento (SB). As duas casas de vegetação foram comparadas com uma testemunha num mesmo sistema, distanciadas um metro uma da outra. O período experimental foi constituído de plantio de alface (*lactuca sativa L.*), cultivar Elba, realizado no período de 10 de março a 21 de junho de 2010. O período experimental foi ampliado para que o número de coleta de dados agrônômicos fosse representativo, tendo em vista dificuldades de acesso ao equipamento de medição de área foliar.

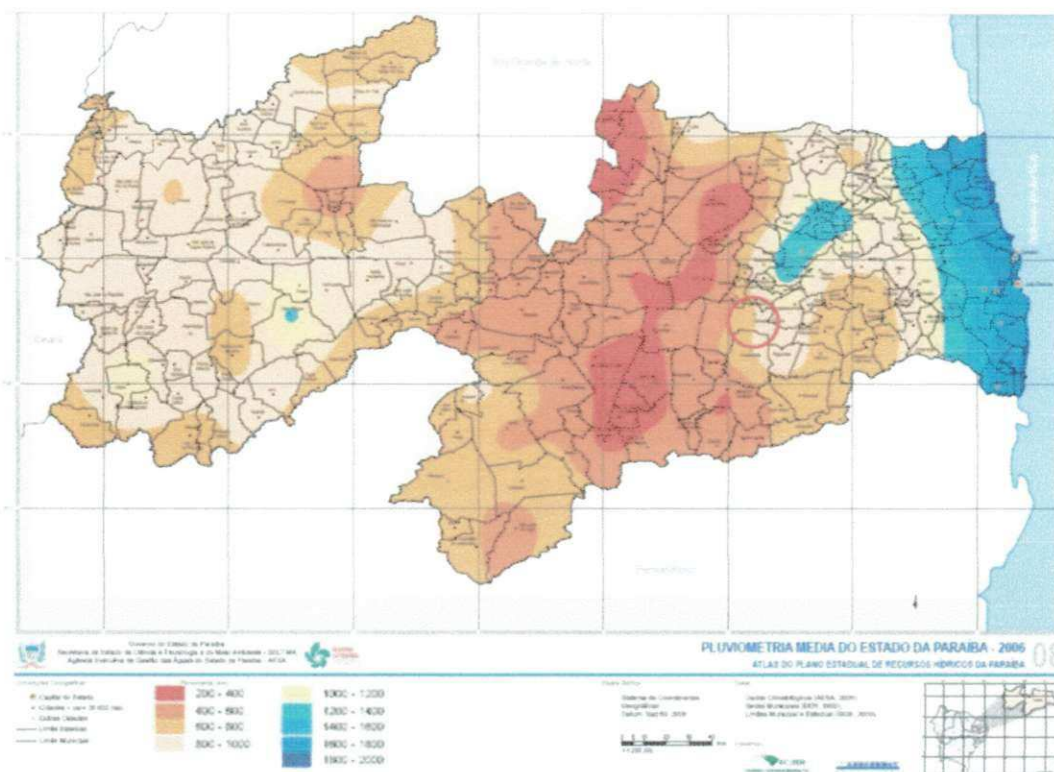


Figura 8 - Pluviometria média anual do Estado da Paraíba (Fonte: AESA, citado por Cunha et al., 2008)

O experimento foi locado em terreno plano, na área de experimentos do LACRA, próximo a Estação Meteorológica da UFCG, com orientação Leste-Oeste, conforme a Figura 9.

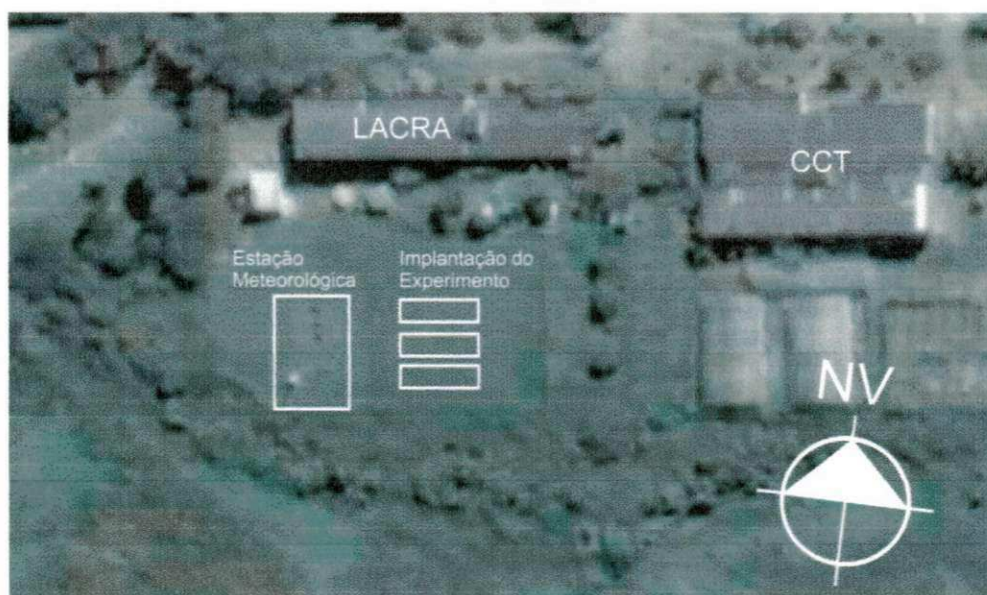


Figura 9 - Local de implantação do experimento (Fonte: Google, adaptado pelo autor).

3.1 Caracterização do modelo

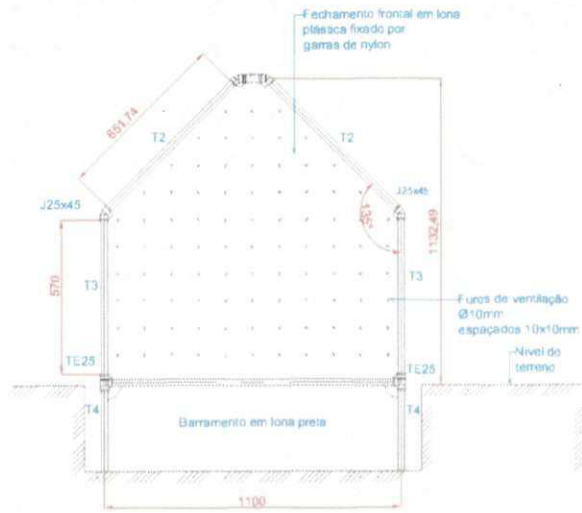
Para atingir os objetivos da pesquisa, os modelos de casas de vegetação deveriam ser de baixo custo e de fácil construção. Dessa forma, optou-se por empregar materiais pré-acabados e que fossem facilmente encontrados no comércio da região, no formato de varejo. Para construção das estruturas experimentais, utilizou-se o PVC tendo em vista suas características e pela disponibilidade de elementos construtivos em várias medidas e formatos que permitem elaborar construções fáceis de montar e de baixo custo.

PVC – Poli (Cloroeto de Vinila) é um material leve ($1,4 \text{ g.cm}^{-3}$), o que facilita seu manuseio e aplicação, resistente à ação de fungos, bactérias, insetos e roedores, resistente à maioria dos reagentes químicos, bom isolante térmico, elétrico e acústico, sólido e resistente a choques, impermeável a gases e líquidos, resistente às intempéries (sol, chuva, vento e maresia), durável: sua vida útil em construções é superior a 50 anos, não propaga chamas é auto-extinguível, reciclável e fabricado com baixo consumo de energia, o que confere boa eficiência no uso agrícola.

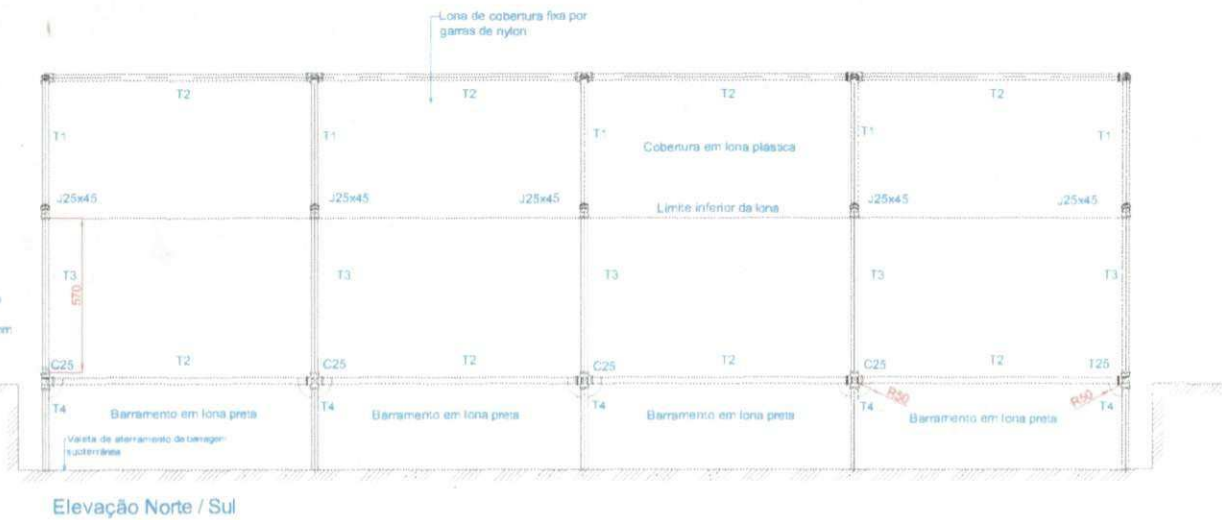
Para a cobertura das duas casas de vegetação foi utilizada Lona Amarela de 150 μm , de 6 m de largura, da marca Poliagro, largamente comercializado no comércio da região. Esse tipo de lona oferece boa resistência mecânica e resiste bem a intempéries e condições diversas em ambiente agrícola, além de sua cor obter transmissividade de 42,1%, conforme estudos realizados por Brito (2000).

3.1.1 Casa de Vegetação com Barramento

A Casa de Vegetação com Barramento (CB) (Figuras 10), consiste em um ambiente protegido tipo túnel baixo, com aberturas laterais sem proteção e dotado de um sistema de barramento de água da irrigação no subsolo. A casa de Vegetação foi confeccionada com tubos e conexões em PVC para instalação hidráulica de solda, com diâmetro de 25 mm. A estrutura pode ser soldada ou simplesmente montada por encaixe dos tubos nas conexões, permitindo assim, desmontagem para uso em outros locais. Sua forma é do tipo capela, com os pórticos em duas águas, com inclinação de 135° , para melhor penetração de luz, conforme recomendação de Brito (2000). A estrutura tem dimensões de 1,05 m de largura e 4,00 m de comprimento, dividido no sentido longitudinal por 4 pórticos, espaçados igualmente e 1,20 m de altura.



Elevação Leste / Oeste



Elevação Norte / Sul

Quant	Código	PEÇAS	Material
20	J25x45	Joelho em PVC 25mmx45°	
4	TE25	TE em PVC 25mm	
9	C25	Cruzeta PVC 25mm	
10	T1	Tubo PVC 25mm	
12	T2	Tubo PVC 25mm	
10	T3	Tubo PVC 25mm	
10	T4	Tubo PVC 25mm	

medidas em mm

Plantas Casa de vegetação tipo capela



Planta baixa



Figura 10 - Esquema construtivo da casa de vegetação CB.

A altura da casa de vegetação foi determinada conforme Goto (2004) que recomenda uma altura de 0,50 a 1,00 m, superior à cultura que será conduzida no interior da estrutura.

Todas as peças da estrutura foram confeccionadas através de processo de corte com arco de serra a partir de dimensões previamente planejadas. As longarinas são conectadas por cruzetas, joelhos de 45° e 90° e conexão em T, constituindo-se em uma estrutura de poucas peças moduladas, que permite ser montada e desmontada facilmente. Os custos de confecção da estrutura foram orçados em R\$ 69,20 no total e R\$ 17,30 por metro quadrado.

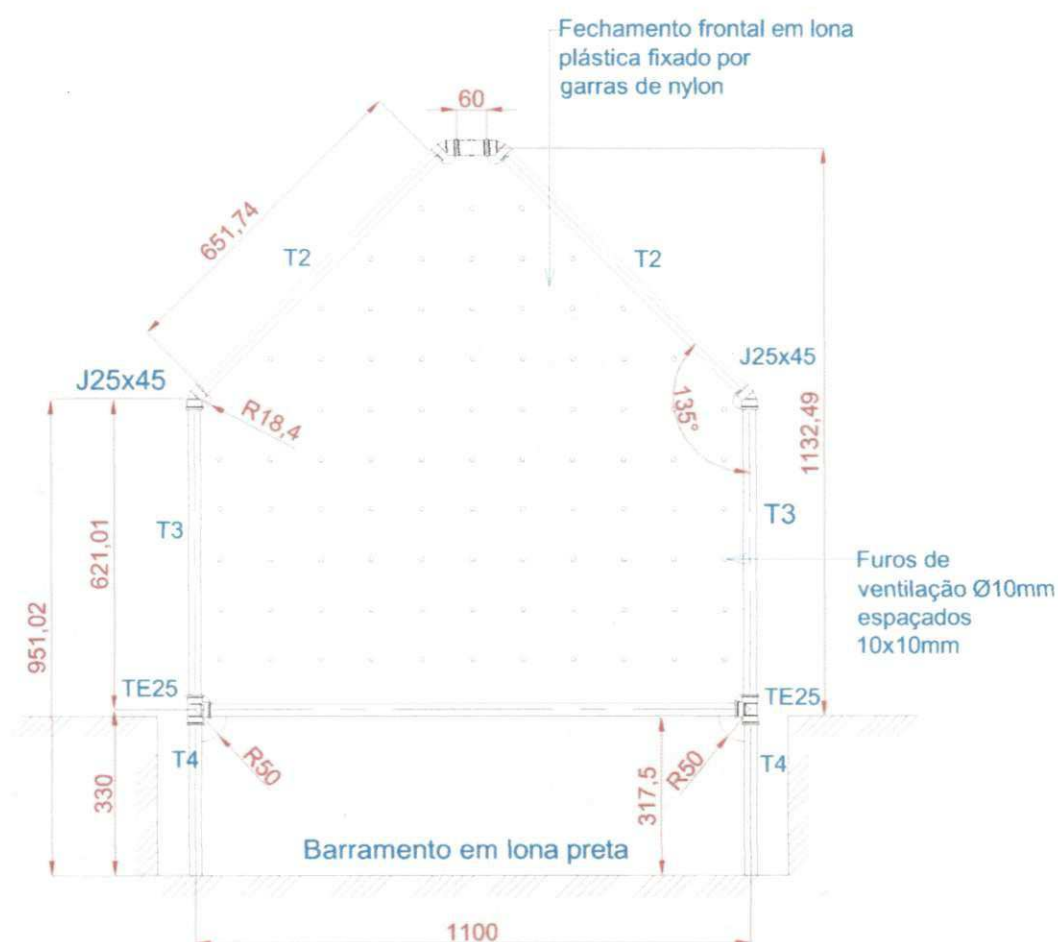


Figura 11- Detalhe do pórtico

Os pórticos das extremidades (Figura 11) são constituídos por quatro longarinas laterais, uma abaixo do solo e outra acima do solo, conectadas por uma conexão T, duas longarinas em ângulo de 135°, conectadas por quatro joelhos de 45°, os quais se interligam na extremidade superior por um T para conexão com os demais pórticos. Nos

pórticos internos as conexões T são substituídas por cruzetas. As longarinas abaixo do solo com 300 mm de comprimento servem para serem instaladas lonas pretas para o barramento de água e para fixar toda estrutura no solo.

Os pórticos são montados fixando uns aos outros por longarinas transversais no nível do solo e na cumeeira, por encaixe e pressão, podendo ser também colados. Após a montagem dos pórticos a estrutura estará pronta para receber os fechamentos de topo e a cobertura.

As extremidades leste e oeste foram protegidas por um fechamento em lona amarela de 150 μm , Poliagro (figura 12), para impedir pancadas de ventos e o sol na face leste pela manhã e na face oeste no período da tarde. A lona foi fixada na estrutura através de abraçadeiras de nylon de 180 x 3,5 mm, perfurada e afixada no local. Inicialmente o fechamento foi instalado sem aberturas de passagem de ar, porém, o vento fez com que os pontos de fixação se rompessem, danificando o fechamento, principalmente na extremidade leste onde o vento bate diretamente. Como solução, furos de 10 mm foram feitos na lona em linhas em toda superfície da lona, de modo a permitir a passagem do vento sem forçar o fechamento. Dessa forma, a pressão do vento sobre a superfície diminuiu com a passagem pelos furos, contribuindo ainda com a ventilação o interior da casa de vegetação.



Figura 12 - Cobertura e fechamento de topo

Na cobertura foi utilizada lona amarela de 150 μm , da marca Poliagro, de 6 m de largura. Foram utilizados 4,50 m de comprimento da lona, cortada na largura da

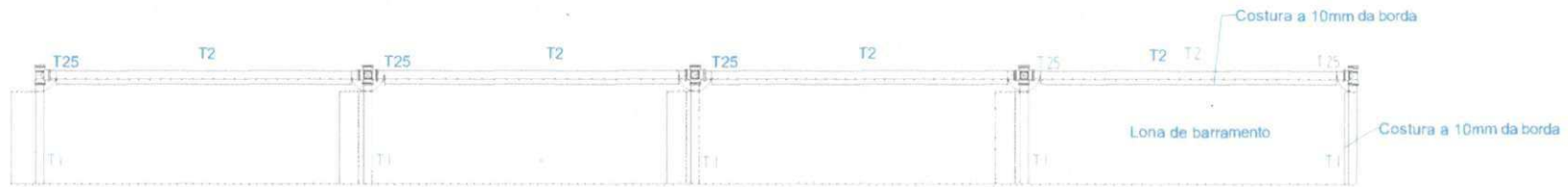
cobertura até extremidade da inclinação do pórtico. A sobra foi utilizada para confecção dos fechamentos das extremidades. As bordas laterais receberam dobras de 15 cm como reforço das extremidades laterais onde foram afixadas na estrutura. Em cada uma das extremidades de topo da casa de vegetação deixou-se um acréscimo de 10 cm como reforço para fixação na estrutura. A lona da cobertura é fixada na estrutura por abraçadeiras de nylon de 180 x 3,5 mm, em furos feitos no local da instalação.

O barramento de água no solo, baseado em Azevedo et al. (2010) é feito através de lonas, em lâminas pretas moduladas, afixadas por encaixe por abas costuradas, nas peças inferiores e transversais da estrutura, conforme a (Figura 13). Essa solução modular permite ampliar o número de módulos da estrutura sem a necessidade de redimensionamento das peças de lona. As lonas não fixas umas as outras, pois, a própria pressão do solo assume esse papel, impedindo aberturas para passagem de água no subsolo.



Figura 13 - Barramento de água da irrigação.

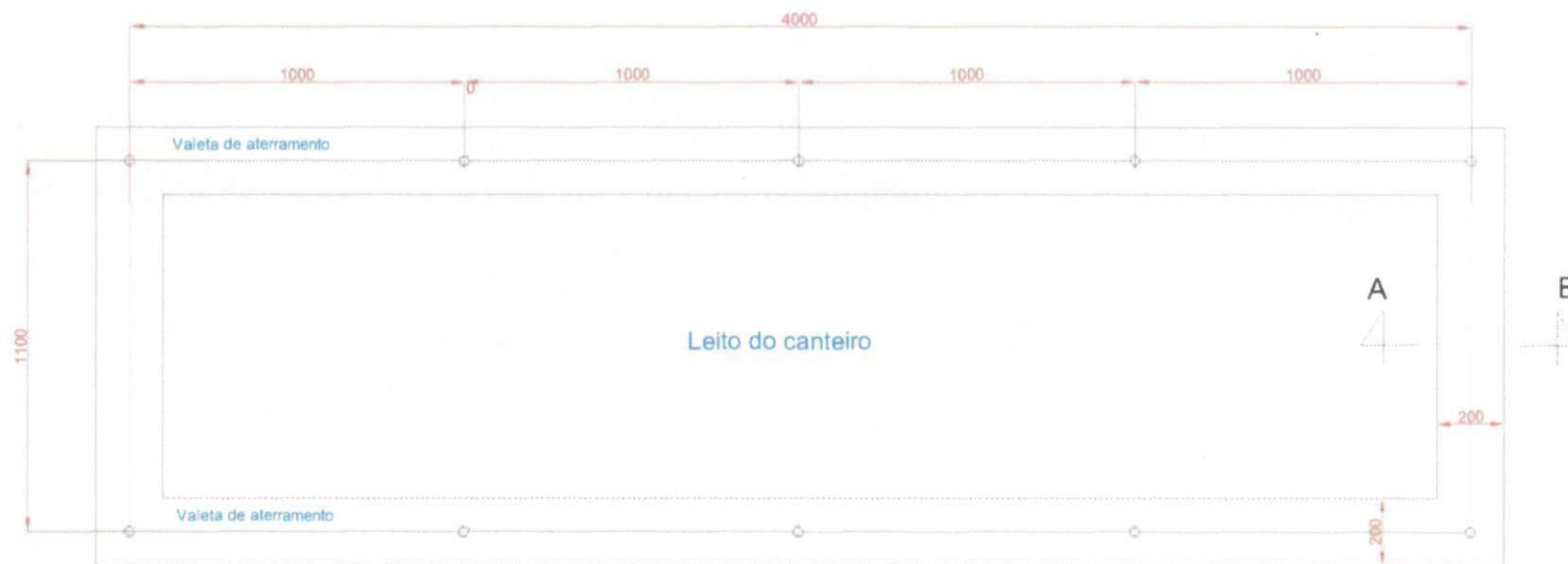
A implantação da casa de vegetação com barramento se dá através de valetas para aterramento da barragem subterrânea. Inicialmente o terreno foi demarcado para abertura das valetas de 20 cm de largura e 30 cm de profundidade (Figura 14). A estrutura foi montada fora da área de instalação e em seguida posicionada sobre a valeta e nivelada (Figura 15). Como o PVC é um material plástico e flexível apresenta instabilidade na montagem, exigindo nivelamento tanto com o solo, quanto entre os pórticos. Para isso, foram usadas linha de nivelamento e instrumentos como prumos, régua de nível e trena para ajuste do esquadro da estrutura.



Elevação da grade do barramento



Corte A-B



Planta baixa da implantação

Figura 14 - Implantação da casa de vegetação com barramento

Após o posicionamento, as valetas foram aterradas para em seguida preparar a montagem do canteiro e montagem de instrumentos de medidas e de coleta de dados (Figura 15). Após a montagem e preparação do canteiro, procedeu-se a montagem da cobertura (Figura 16) e dos fechamentos de topo.

O datalogger foi instalado através de um tubo de PVC na longarina longitudinal próxima ao pórtico central, fixado verticalmente com 56,2 cm de comprimento, de modo que o instrumento ficasse posicionado na metade da altura da estrutura, evitando que o datalogger fosse influenciado mais pela temperatura da cobertura ou da temperatura do solo, conforme Figura 17, na página seguinte.



Figura 15 - Valeta para implantação do barramento de água



Figura 16 - Implantação da estrutura



Figura 17 - Implantação do datalogger.

3.1.2 Casa de Vegetação sem Barramento

A Casa de Vegetação sem Barramento consiste em um ambiente protegido tipo túnel baixo, com aberturas laterais sem proteção. A casa de Vegetação foi confeccionada com tubos e conexões em PVC para instalação hidráulica de solda, com diâmetro de 20 mm. O material estrutural foi definido com base na disponibilidade no mercado local e que tivesse o máximo de peças de montagens também disponíveis e compatíveis com o material estrutural. A estrutura pode ser soldada ou simplesmente montada por encaixe dos tubos nas conexões, permitindo assim, desmontagem para uso em outros locais. Sua forma é do tipo em arco para melhor penetração de luz, conforme recomendação de Brito (2000). A estrutura tem dimensões de 1,65m de largura e 4,00 m de comprimento, dividido no sentido longitudinal por 4 arcos, espaçados igualmente e 1,00 m de altura. A altura foi determinada conforme Goto (2004) que recomenda uma altura de 0,50 a 1,00 m, superior a cultura que será conduzida.

A ancoragem da estrutura no terreno é feita através de grampos de fixação em L, confeccionados com aço redondo de 3/8" e as amarrações para estabilizar a estrutura são feitas através de corda de nylon que traspassam os arcos e ancorada nas extremidades da casa de vegetação através de grampos. Esse tipo de amarração permite ajustar a dimensão da estrutura e estabilizar ações do vento na sobre os arcos.

Todas as peças da estrutura foram confeccionadas no Laboratório de Modelos da Unidade Acadêmica Desenho Industrial através de processo de corte com arco de serra a partir de dimensões previamente planejadas, sendo algumas peças preparadas no local da instalação. As longarinas são conectadas com joelhos de 90° e conexão em T, constituindo-se em uma estrutura de poucas peças, moduladas e que permitem ser montada e desmontada facilmente. Os custos de confecção da estrutura foram orçados em R\$ 31,60 no total e R\$ 7,90 por cada módulo de 1 x 1 m.

A estrutura é montada sobre uma base de 1.65 x 4,00 m, conforme a figura 18, em tubos de PVC de 20 mm, joelhos de 90° nos cantos e esperas de conexão T, também de 20 mm, espaçados igualmente, com 60° em relação ao nível do solo para conexão dos arcos estruturais. Os arcos são constituídos por uma única peça em tubo em PVC, dobrado no momento da instalação, ficando tensionada quando fixada na espera da base (Figura 19).

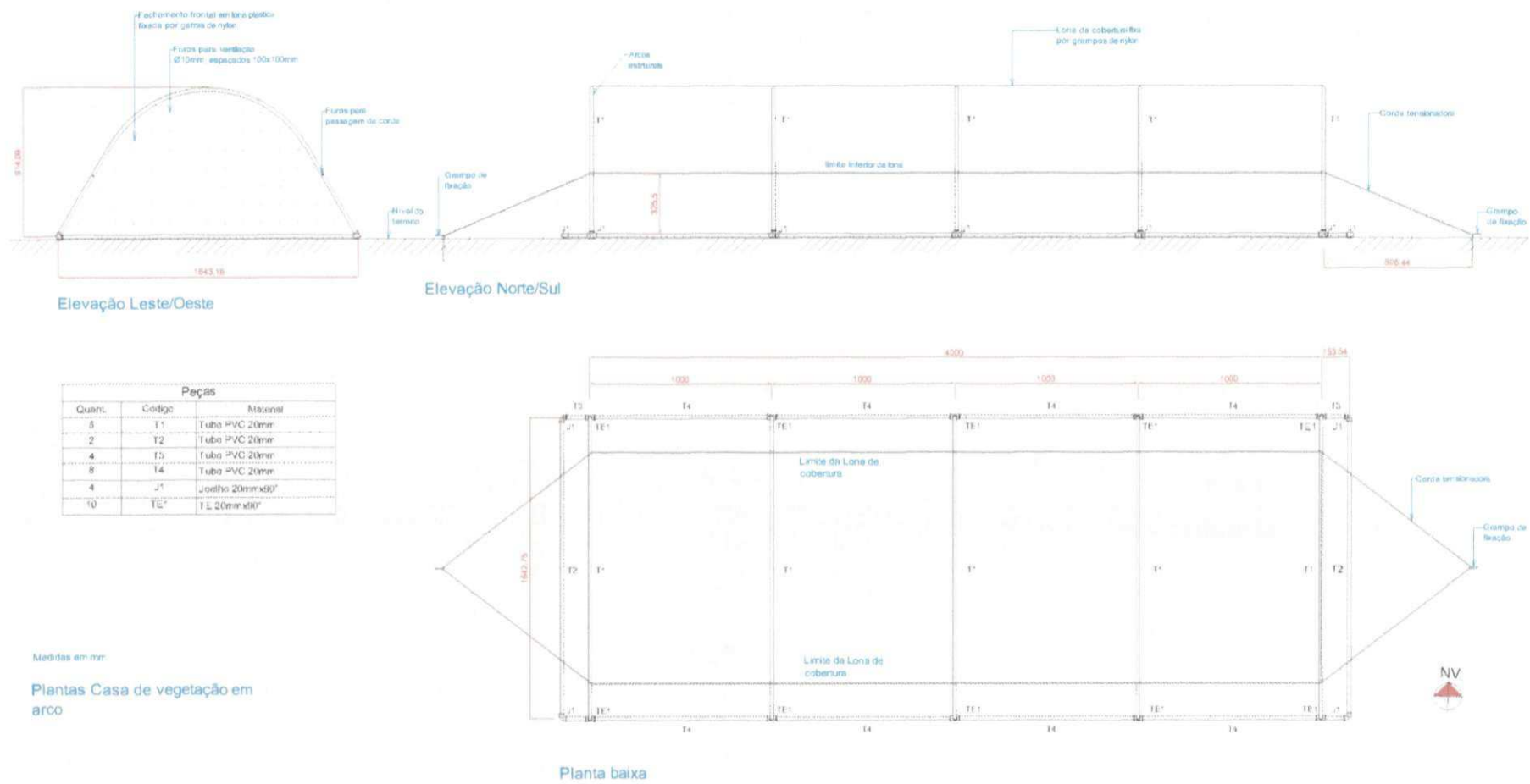


Figura 18 - Esquema construtivo da casa de vegetação SB.

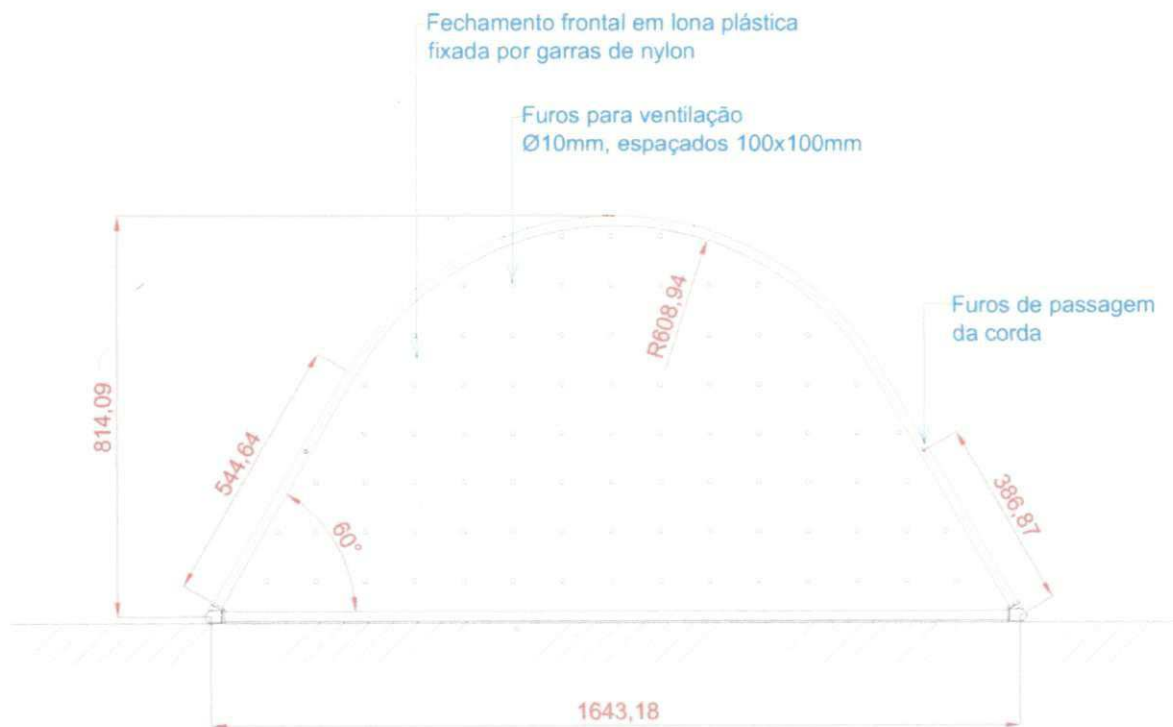


Figura 19 – Detalhe do arco.

A base é afixada no solo através de grampos em L, de aço de 3/8 de polegada na parte externa de modo a evitar que o arco empurre a lateral da base devido sua elasticidade (Figura 20 e 21).



Figura 20 - Detalhe do arco

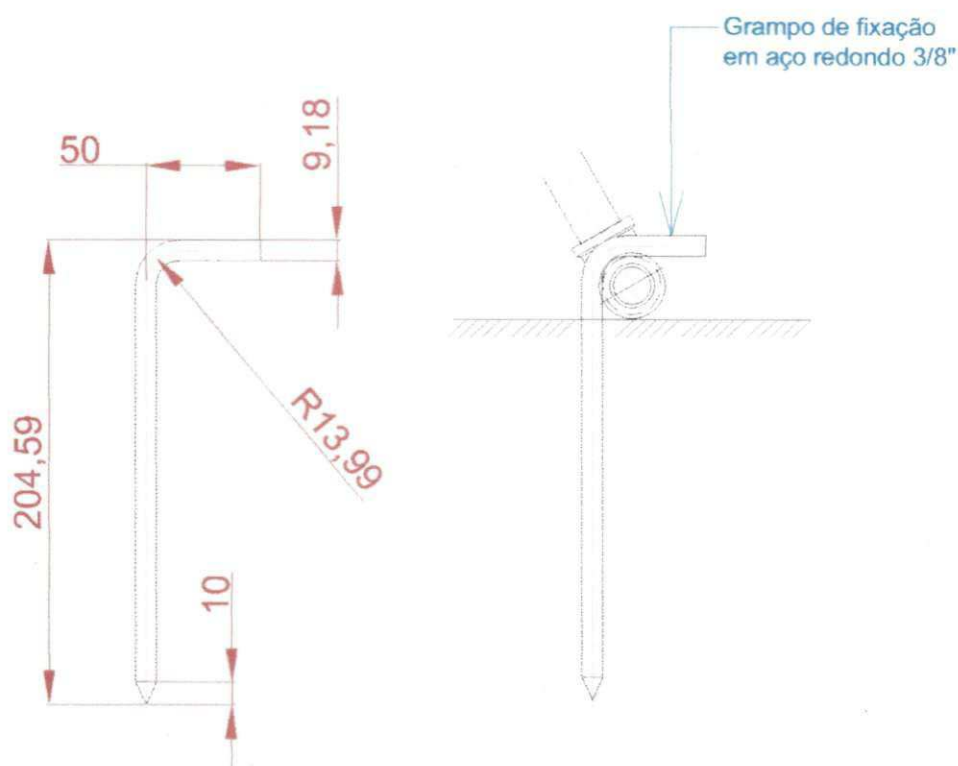


Figura 21 - Detalhe de ancoragem

Para dar estabilidade aos arcos, devido à flexibilidade do material e a espessura do tubo, utilizou-se um cabo (corda de polipropileno de 8 mm) preso nos arcos, passando por um furo de 10 mm no tubo e tensionado no solo das extremidades da casa de vegetação através de um grampo de aço de 3/8 de polegada (Figura 21). O cabo foi fixado nos arcos através de abraçadeiras de nylon de 180 x 3,5mm, conforme a Figura 22. Essa solução é de fácil instalação e permite ajustes dimensionais sem a necessidade de desmontagem da fixação.

As extremidades leste e oeste foram protegidas por um fechamento em lona amarela de 150 μ m, Poliagro, para impedir pancadas de ventos e o sol na face leste pela manhã e na face oeste no período da tarde. A lona foi fixada na estrutura através de abraçadeiras de nylon de 180 x 3,5 mm, perfurada e preza no local. A lona recebeu furos de 10 mm em toda superfície da lona, de modo a permitir a passagem do vento sem forçar o fechamento. Dessa forma, a pressão do vento sobre a superfície diminuiu com a passagem pelos furos, contribuindo ainda com a ventilação o interior da casa de vegetação.

Na cobertura foi utilizada lona amarela de 150 μm , da marca Poliagro, de 6 m de largura. Foram utilizados 4,50 m de comprimento da lona, cortada na largura da cobertura até extremidade da inclinação do pórtico. A sobra foi utilizada para confecção dos fechamentos das extremidades (Figura 23). As bordas laterais receberam dobras de 15 cm na altura do cabo tensionado, como reforço das extremidades laterais onde foram afixadas na estrutura. Em cada uma das extremidades de topo da casa de vegetação deixou-se um acréscimo de 10 cm como reforço para fixação na estrutura. A lona da cobertura é fixada na estrutura por abraçadeiras de nylon de 180 x 3,5 mm, em furos feitos no local da instalação.



Figura 22 - Fixação do cabo nos arcos

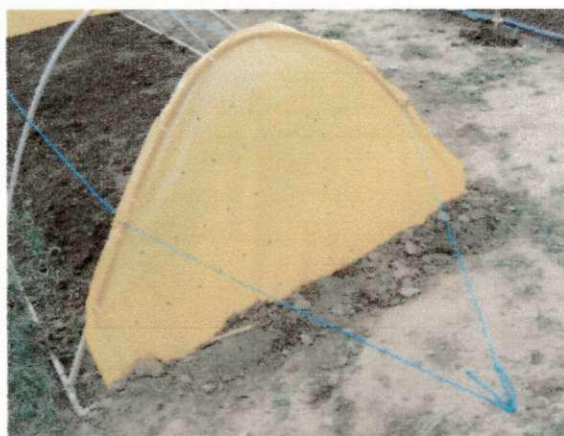


Figura 23 - Fixação do cabo no solo.



Figura 24 - Fixação do datalogger na estrutura.

O datalogger foi instalado através de um tubo de PVC no arco central fixado verticalmente através de abraçadeira de nylon 180 x 3,5 mm, com 50 cm de comprimento, de modo que o instrumento ficasse posicionado na metade da altura da estrutura, evitando que o termo higrômetro sofresse influencia com maior intensidade da temperatura da cobertura ou da temperatura do solo, conforme a Figura 24.

3.1.3 Implantação do modelo

Para realização do experimento foram instalados três canteiros com tratamentos diferentes, sendo um com a casa de vegetação com barramento, outro com a casa de vegetação sem barramento e uma testemunha. Tendo em vista que o terreno é plano, os trabalhos para implantação restringiram-se na limpeza, demarcação e preparação dos canteiros. A Casa de Vegetação com Barramento foi locada na extremidade norte e a testemunha na extremidade sul da área do experimento. A demarcação foi realizada com linha e esquadro, conforme a Figura 25, abaixo. As instalações foram espaçadas uma das outras 1,50 m, para permitir a circulação entre alas e para que uma estrutura não servisse de barramento de vento para as demais. O experimento foi instalado em terreno com barramento de vento natural, nas extremidades sul e leste, com vegetação de altura acima das duas estruturas projetadas. As casas foram orientadas no sentido Leste-Oeste de modo a que os canteiros ficassem sombreados todo o dia e recebesse os ventos norte-sul e sudeste, característicos da região. Em torno dos canteiros foram abertas valetas e forma de V, com 15 cm de profundidade, de modo a proteger o canteiro de invasão de ervas daninhas e coletar água da irrigação para contribuir com a unidade do solo na parte mais profunda do calado.

Os canteiros foram preparados com 50 cm de profundidade, elevado 15 cm do nível do solo, com um substrato de terra vegetal, areia e adubo animal curtido. Os canteiros foram irrigados nas duas primeiras semanas com água tratada pela manhã e a tarde até o transplântio da cultivar.

As plantas invasoras do canteiro foram retiradas manualmente, pois o uso de defensivo poderia alterar o desenvolvimento da alface. Durante a implantação foram observados vários focos de formigas cortadeiras que poderiam danificar as plantas no estágio de pegação. Para solucionar esse tipo de problema, primeiramente foram identificados os focos que ofereçam risco ao experimento e em seguida realizado o

tratamento com veneno Mirex-X, colocado nas entradas dos formigueiros identificados anteriormente.

A irrigação foi realizada através de água tratada com mangueira avulso, disponível no local do experimento, através de irrigação manual com mangueira, diretamente nos canteiros. A quantidade de água usada na irrigação não foi controlada ou medida, devido a falta de instrumental adequado. Os canteiros eram molhados até quando fosse observada saturação da superfície.

Nas duas primeiras semanas após a implantação dos canteiros, a irrigação foi realizada duas vezes ao dia, uma vez no período da manhã e outra no período da tarde para estabilizar o solo. A qualidade da água utilizada na irrigação foi testada através de análise química, conforme dados constantes na tabela 2.

Tabela 2 - Análise química da água realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade /UAEG/UFCG.

Caracterização	Valores
pH	7,23
Condutividade elétrica ($\mu\text{S. Cm}^{-1}$)	490
Cálcio (meq/L)	1,28
Magnésio (meq/L)	1,32
Sódio (meq/L)	2,10
Potássio (meq/L)	0,12
Carbonato (meq/L)	0,00
Bicarbonato (meq/L)	1,34
Cloretos (meq/L)	3,50
Sulfato (meq/L)	Ausente
Relação de adsorção de sódio (RAS)	1,84
Classe da água	C2

A água foi classificada como classe C2, que representa salinidade média (Rodrigues, 2010) podendo ser usada com quantidade média de lixiviação. Essa classe de água é recomendada para irrigação de hortaliças, incluindo a alface sendo, portanto, adequada aos propósitos do experimento.

Os valores de pH está em conformidade com a exigência da alface, pH entre 6 e 9 assim como a condutividade elétrica (Sandri et al., 2006). Os nutrientes estão dentro dos limites suportados pela planta, conforme as referências apresentadas por Sandri

(2006): cálcio 0 a 5 meqL-1, magnésio 0 a 20 meqL-1, sódio 2,2 a 3,0 meqL-1, potássio 0 a 2 meqL-1. A relação de adsorção de sódio (RAS) deve ficar abaixo de 10.

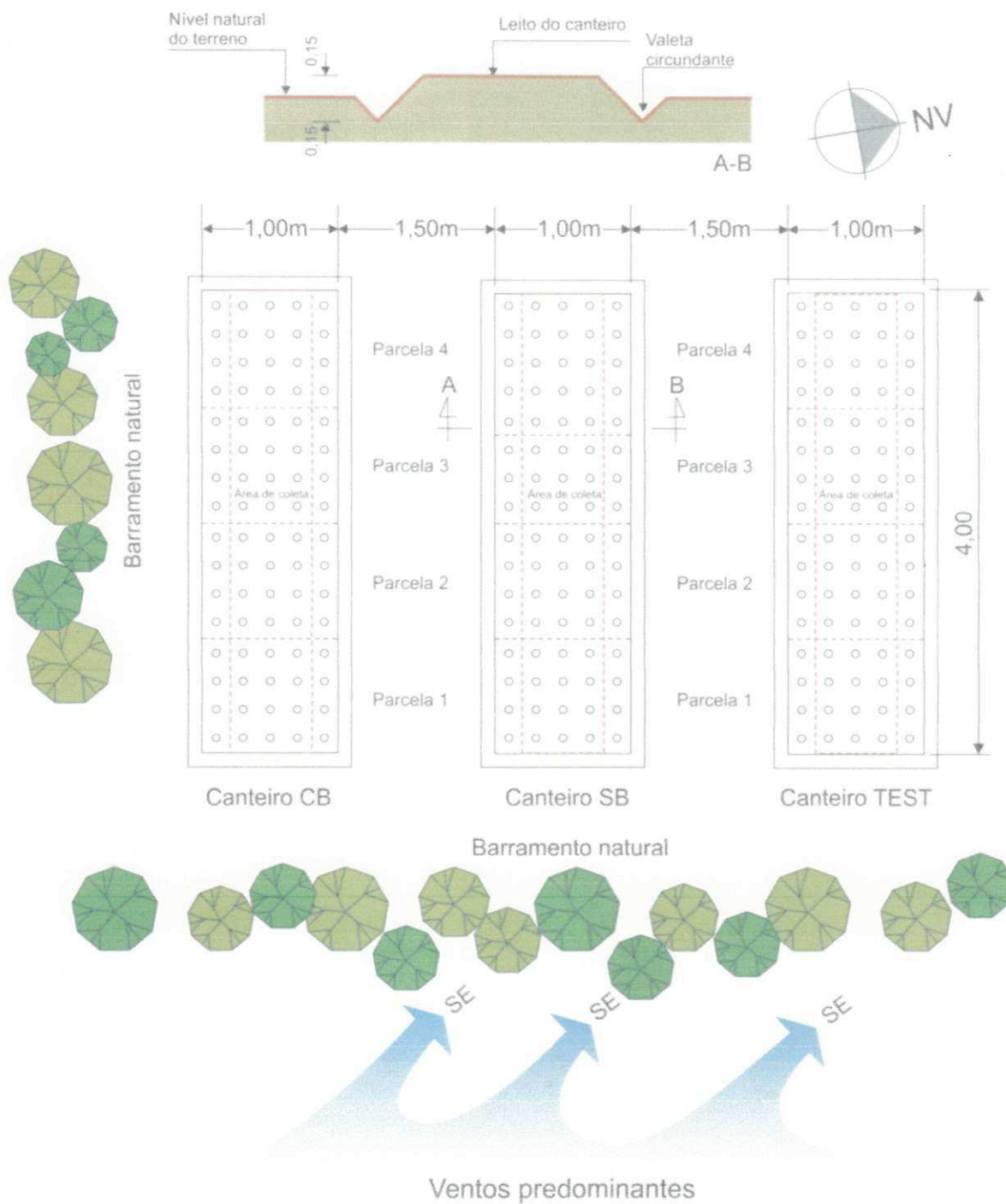


Figura 25 - Implantação do modelo.

3.2 Cultura utilizada

Para o experimento, foram utilizadas sementes da Isla, de alface Elba, largamente cultivada na região por meios tradicionais. As sementes foram semeadas no dia 10 de março, em duas bandejas de isopor com 200 células, com um substrato igual ao empregado pelos agricultores da região, composto de terra vegetal e adubo animal curtido (Figura 26). As bandejas foram alojadas em área sombreadas e irrigadas duas vezes ao dia, sendo uma vez pela manhã e outra no final de tarde. Diariamente as bandejas eram observadas e tratadas quanto ao aparecimento de ervas concorrentes e retirada de insetos.



Figura 26 - Germinação das sementes em bandejas

O transplântio ocorreu no dia 10 de abril quando as plantas atingiram entre 4 e 6 folhas permanentes. Durante as duas primeiras semanas as bandejas foram irrigadas duas vezes ao dia, sendo uma pela manhã, entre 7 e 8 horas e no final da tarde, aproximadamente às 17 horas. Após essa fase, as plantas foram irrigadas apenas pela manhã.

As mudas foram transplantadas no período da tarde para que as mesmas passassem por um processo de adaptação em clima ameno. As mudas foram transplantadas para o canteiro mantendo-se após 30 dias (Figura 27). Para dá mais homogeneidade ao espaçamento entre as plantas, utilizou-se um gabarito de 80x80 cm com pregos para fixação de telhas de amianto, inseridos em furos espaçados 20x30 cm, fixo apenas na ponta. O gabarito foi pressionado no canteiro com os pregos virados para

baixo para marcar os pontos para plantação das mudas das alfaces, conforme pode ser observado na Figura 28. Das 260 plantas germinadas, foram transplantadas 240, escolhidas entre as mais vigorosas.



Figura 27. - Bandejas com as mudas a serem transplantadas



Figura 28 - Gabarito de marcação para o transplântio.

Após o transplântio, as casas de vegetação receberam as coberturas e em seguida tiveram os canteiros irrigados. As três semanas após o transplântio, os canteiros foram irrigados duas vezes ao dia, sendo uma vez pela manhã, entre 7 e 8 horas e uma vez no período da tarde entre 17 e 18 horas. A partir da terceira semana, a irrigação passou a ser apenas no período da manhã.

Durante o ciclo da cultura, os canteiros e as estruturas eram avaliadas, limpas e feitas retiradas de folhas mortas ou danificadas das alfaces. As ervas invasoras foram retiradas manualmente a cada semana, assim como o entorno da área do experimento era capinada e limpa.

3.2.1 Delineamento experimental

O experimento foi instalado em três canteiros de 4,00 x 1,00 m de largura disposto em um delineamento experimental em seis blocos casualizados, com quatro repetições, com três tratamentos divididos em quatro parcelas. Benincasa (2003) recomenda retirada de amostras entre 12 e 20 plantas. Tendo em vista limitação de recursos, optou-se por trabalhar com o número de amostras mínimas recomendadas pela autora.

Cada tratamento foi representado por um canteiro com quatro parcelas com 20 plantas organizadas em fileiras 5x4. Foram coletadas para análise as plantas na área central de cada parcela, sendo as plantas das extremidades servindo de bordadura.

3.3 Variáveis ambientais

Durante o período experimental foram registradas dentro das casas de vegetação as variáveis ambientais: temperatura e umidade relativa do ar e umidade do solo. As variáveis temperatura e umidade relativa do ar foram registradas através de dois datalogger HOBO, Pró-séries ONSET, localizados no centro geométrico das casas a uma altura igual a metade da maior altura da estrutura. Os registros foram feito a cada hora, durante 100 dias, no entanto, um dos equipamentos de leitura registrou dados corretos de apenas 12 dias. Os registros da testemunha foram coletados na Estação Climatológica da EMBRAPA da cidade de Campina Grande. Foram coletados dados de temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento e insolação.

A variável de umidade do solo foi coletada manualmente em intervalos diferentes, durante o período experimental. As amostras foram coletadas ao acaso, uma de cada canteiro. As coletas foram realizadas cavando o solo a uma profundidade de 15 cm e retirada uma amostra de 5 cm do meio da profundidade da escavação. As amostras foram coletadas em recipiente apropriado (lata de alumínio com tampa), devidamente identificado e com o peso anotado na lateral. As amostras foram coletadas, identificadas

e transportadas até o Laboratório de Solos da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, da UFCG.

As amostras foram pesadas em balança digital com precisão de 10^{-2} g (Figura 29) e após registradas as medidas foram colocadas em uma estufa FANEM Retilínea, a uma temperatura de 105°C , durante 72 horas, conforme Figura 30. Após a desidratação, as amostras foram pesadas e, em seguida, os dados foram registrados. O cálculo índice de umidade solo seguiu a seguinte notação:

$$US = \frac{Pu - Ps}{Pu} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Onde:

US - umidade do solo (%)

Pu - peso úmido da amostra (g)

Ps - peso seco da amostra (g)



Figura 29 - Pesagem das amostras.



Figura 30 - Desidratação das amostras.

3.3 Variáveis agronômicas

Durante o desenvolvimento da cultura foram coletadas semanalmente quatro plantas em cada tratamento, totalizando doze amostras. As variáveis agronômicas coletadas foram: Altura da Planta (AP), Largura do Dossel (LD), Número de Folhas (NF), Área Foliar (AF), Massa Fresca (MF) e Massa Seca (MS).

As coletas foram realizadas após o processo de pegação das plantas, nos dias 15/maio, 25/ maio, 30/ maio, 7/ maio, 15/ maio e 21/ maio, conforme disponibilidade do equipamento de medir área foliar, uma vez que as medidas devem ser feitas no

mesmo dia da coleta. As plantas foram colhidas sempre no período da manhã ao acaso, em cada parcela, excetuando as plantas das bordas. Inicialmente as plantas foram medidas a altura e a largura do dossel com uma trena, registrados os dados e colocadas em seguida em sacos plásticos e devidamente identificadas. Após a colheita, as plantas foram conduzidas até o Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Agrícola, da UFCG, para realização das medidas.

Após a colheita e registros das dimensões lineares, as plantas passaram por um processo de limpeza de folhas danificadas, folhas de outros vegetais agregados durante a coleta e insetos. O processo de coleta e medição das amostras deveria ser realizado no menor tempo possível, para que as plantas não se desidratassem após a colheita e alterasse as características dimensionais, dificultando assim, a coleta dos dados. Em seguida as plantas foram pesadas em uma balança digital de $10^{-2}g$ (Figura 31) e em seguida levadas para medir a área foliar. Preliminarmente, as plantas foram desfolhadas para contagem do número de folhas e separação do caule. Após o registro dos dados, as folhas foram picotadas para passar na máquina de medir a área foliar, tendo em vista a característica crespa e o tamanho maior que a entrada do equipamento.



Figura 31 - Pesagem das amostras de alface

As folhas picotadas foram medidas em equipamento de medir área foliar Li-300C Area Meter Li-COR, em cm^2 . O equipamento é um integrador ótico de área foliar que fornece um alto grau de precisão.

Após a medição e área foliar as plantas, as folhas e os caules foram colocados em sacos de papel, devidamente identificados, para desidratação em uma estufa com renovação de ar, tipo TECNAL TE-394/3, a 60°C, durante 72 horas (Figura 32). Após a desidratação as plantas foram pesadas novamente para determinar a massa seca.



Figura 32 - Desidratação das amostras de alface em estufa com renovação ar.

Os dados agronômicos foram analisados por meio de análise de variância, e as médias, comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o software ASSISTAT.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação das soluções arquitetônicas

4.1.1 Implantação das casas de vegetação

A análise referente à orientação e implantação das casas de vegetação no sentido Leste-Oeste, com barramento natural nas faces leste e norte, conforme recomendação de Zolnier (2004) mostrou que houve a penetração e circulação de ventos predominantes no interior das instalações. No experimento observou-se que as aberturas contribuíram para circulação de ar no interior das edificações, no entanto, retirou o ar úmido, o que pode ter contribuído para a umidade do solo da casa de vegetação CB, dotada de barramento de água no solo, fosse menor que o solo da casa de vegetação SB, sem sistema de barramento de água. Nesse sentido, recomenda-se uma análise mais aprofundada quanto ao barramento de vento na faixa inferior nas faces laterais das edificações, de modo a preservar a circulação de ventos diretos no nível do solo.

Os quebra-ventos propostos por Zolnier (2004) com barramento de ventos para amenizar os efeitos destrutivos das rajadas de ventos, distanciadas das instalações aproximadamente 2,5 vezes a alturas das plantas do quebra-vento se mostraram eficientes durante o experimento, contribuindo para que as estruturas se mantivessem em bom estado até o final.

Durante o experimento, observaram-se deslocamentos das sombras para as laterais das coberturas, permitindo que as plantas nas fileiras das extremidades ficassem expostas ao sol e, portanto, com desenvolvimento em condições diferenciadas das plantas nas fileiras interiores, devido a variação da trajetória do sol. Neste caso, recomenda-se aumentar a largura da cobertura para que essas variações de deslocamento da sombra não atinjam os canteiros sob proteção, evitando assim, a incidência de radiação solar e calor diretamente nas plantas das extremidades laterais.

Quanto ao fator luz, a cobertura mostrou-se eficiente, o que confirma a eficiência do sombreamento com a lona plástica de 150 μm recomendada por Oliveira (2005) e Brito (2000) que, através de estudos, concluiu que as lonas plásticas de cor amarela apresentam sombreamento de 59,7%. O fechamento nas laterais leste e oeste com o mesmo material da cobertura mostrou-se eficiente e também contribuiu com a

iluminação do canteiro nas primeiras horas da manhã e no final da tarde, contudo, as plantas dos blocos próximos ao fechamento oeste tiveram desenvolvimentos inferiores as plantas dos demais blocos. É provável que essas plantas tenham recebido uma carga maior de energia no período da tarde e final do dia, retardando o crescimento em relação às demais plantas.

O distanciamento entre os canteiros foi eficiente quanto a circulação e manejo, assim como ventilação entre as estruturas. As edificações foram afastadas conforme Zolnier (2000) de modo a facilitar a ação do vento e permitir a circulação para manejo dos canteiros. A medida de afastamento tomou como base 1,5 da altura da estrutura, no entanto, essa distância deverá ser mais bem avaliada em situações em que não haja barramento natural de ventos e clima mais quente, de modo a verificar uma distância ideal para casas de vegetação no semiárido. Na situação observada, verifica-se que as distâncias poderiam ser menores, tomando-se como referência a circulação e manejo dos canteiros. As alturas das edificações não tiveram influência no sombreamento nos canteiros das duas casas de vegetação, isto é, uma casa de vegetação não sombreou o canteiro da outra casa de vegetação.

Apesar de não haver registro de ataque de insetos ou outros animais nos canteiros analisados, soluções de fechamento lateral através de telas e barreiras com altura de 10 cm poderão ser propostas e avaliadas para maior proteção do manejo dos canteiros.

4.1.2 Avaliação da concepção arquitetônica das casas de vegetação

As duas estruturas das casas de vegetação responderam mecanicamente bem às condições dos agentes ambientais como sol, chuva e ventos muito comuns nos primeiros meses na região, não sendo observados danos na estrutura de PVC ou mesmo nas coberturas e fechamento de lona nas faces Leste que receberam os maiores impactos dos ventos.

Os materiais estruturais se mostraram eficientes quanto à facilidade de montagem e instalação, sendo que a casa de vegetação em arco apresentou algumas fragilidades quanto à estabilidade estrutural, devido à espessura do tubo e a flexibilidade do PVC. Essa flexibilidade teve uma resposta positiva na resistência aos dos ventos, porém, recomenda-se o uso de tubos e conexões com espessura de 25 mm, para maior estabilidade e rigidez na fixação ao solo. As fixações das duas estruturas ao solo se

mostraram eficientes e fáceis de instalação, mesmo sendo as peças apenas encaixadas, pois o objetivo consistia em desmontar as duas estruturas para uso posterior. A fixação da casa de vegetação SB, fixa por grampos no solo e por um sistema de dois cabos tensionados se mostraram eficientes, embora nas extremidades Leste e Oeste tenham dificultado a circulação nestas áreas. As agarras de nylon, apesar de ser uma solução simples, atendeu satisfatoriamente na fixação dos cabos tensionados nos arcos.

A cobertura em lona também respondeu satisfatoriamente tanto como cobertura quanto como elemento estrutural entre os arcos, confirmando as afirmações de Brito (2000) e Demenstein (2007) a respeito da eficiência e baixo custo. As dobras nas extremidades como elementos estruturais atuaram como coletores de águas das chuvas, sobrecarregando a estrutura. Como solução, aberturas através de cortes foram feitos no vinco das dobras para escoamento da água, o que se constituiu numa solução satisfatória. A fixação da lona nos arcos respondeu mecanicamente satisfatória, no entanto, dificultou o acesso no interior das casas de vegetação para manuseio dos sensores, tendo em vista a baixa altura das estruturas. Nesse sentido, recomenda-se o uso de um dispositivo de agarras que permitam a soltura das extremidades das coberturas, com uso de agarras de velcron ou presilhas que facilitem a abertura para soltura da cobertura.

Um aspecto importante observado foi à coloração da lona, sendo que a cobertura da Casa de Vegetação CB apresentou uma coloração mais clara que a cobertura da casa de vegetação SB. Esse aspecto confirma estudos realizados por Brito (2000) sobre as vantagens da arquitetura em arco e que a forma semicircular permite maior passagem de luz devido a incidência dos raios solares perpendiculares à superfície, ao passo que a superfície plana absorve esses raios e com isso a lona altera suas características.

Outro aspecto observado relacionado à arquitetura foi no uso durante o manejo dos canteiros devido a baixa altura e aberturas laterais. Na casa de vegetação SB as aberturas laterais são estreitas o que dificulta o acesso às plantas centrais e a limpeza do canteiro. Como a irrigação foi realizada por esguicho de mangueira manualmente, houve dificuldades de irrigar a área central sem que a água atingisse os instrumentos de coleta de dados. Nesse caso, é recomendável ajustar as dimensões em função do manejo e adicionar mecanismos de abertura da cobertura para facilitar o acesso ao interior das casas de vegetação.

As estruturas se mostraram fáceis de serem confeccionadas e instaladas. Os custos são baixos e compatíveis com capacidade orçamentária de pequenos agricultores. Os custos das estruturas, excetuando os custos de mão de obra e implantação, que podem ser feitos pelo próprio agricultor, foram de R\$ 7,90/m² para a casa de Vegetação em arco e R\$ 17,30/m² para a casa de teto capela.

4.2 Avaliação das variáveis ambientais

Os dados de temperatura e umidade relativa no interior das casas de vegetação deveriam ser coletados durante o período do experimento, a partir de 12 de março, quando os instrumentos foram instalados até 21 de junho, no entanto, os equipamentos de coleta apresentaram problemas de leituras dos dados, principalmente na casa de vegetação CB. Os dados coletados no período entre 12 e 28 de abril foram coletados e armazenados, no entanto, foram perdidos por danos no microcomputador do LACRA.

Os dados de temperatura e umidade do ar coletados a partir do dia 29 de abril apresentaram valores fora do padrão, sendo que o datalogger da casa de vegetação CB parou de coletar dados a partir de 12 de maio. Tendo em vista que a avaliação deveria ser feita nos três tratamentos para comparar o desempenho das variáveis ambientais, a análise comparativa se limitou ao período de dados registrados corretamente nas duas casas de vegetação, compreendido entre os dias 5 e 11 de maio, conforme dados constantes nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Médias das temperaturas médias (Tmd), Temperatura máxima (Tmx); Temperatura mínima (Tmn), coletadas no campo.

Dias	Casa de vegetação CB			Casa de vegetação SB			Testemunha		
	Tmd	Tmx	Tmn	Tmd	Tmx	Tmn	Tmd	Tmx	Tmn
4/5	27,4	34,1	21,7	27,2	33,6	21,7	25,8	29,3	22,3
5/5	26,7	29,1	23,2	26,8	29,1	23,2	24,3	27,4	21,2
6/5	30,3	33,6	25,2	30,3	33,2	25,2	26,0	30,5	21,5
7/5	30,1	34,4	24,4	29,9	34,0	24,4	25,8	31,2	20,3
8/5	28,9	34,4	23,2	28,8	34,4	23,2	26,2	30,7	21,6
9/5	30,2	34,0	24,8	30,0	33,6	24,4	25,8	30,2	21,3
10/5	32,0	35,3	25,6	31,5	34,9	25,2	25,6	30,6	20,6
11/5	32,5	37,0	26,0	32,0	36,6	25,6	26,6	32,3	20,8

Tabela 4 - Medidas de umidade relativa média do ar (URmd).

Dias	Casa de vegetação CB	Casa de vegetação SB	Testemunha
	URmd	URmd	URmd
4/5	77,4	77,9	90
5/5	84,6	83,9	88
6/5	57,1	57,7	78
7/5	51,5	52,0	76
8/5	67,6	64,4	78
9/5	53,3	54,1	77
10/5	48,6	48,6	79
11/5	48,4	50,5	80

Os dados externos que serviram de base para avaliação da testemunha foram fornecidos Estação Climatológica Principal da EMBRAPA, na cidade de Campina Grande. Foram fornecidos dados de janeiro a junho de 2010. Tendo em vista que foram avaliados dados internos às casas de vegetação referentes ao mês de junho, foram registrados os dados dos meses de maio e junho.

Os dados externos de temperatura máxima, mínima e média estão apresentados conforme a tabela 5 e os dados referentes a umidade relativa do ar, velocidade do vento, precipitação, evapotranspiração e insolação estão apresentados conforme a tabela 6.

Os dados externos mostram que a velocidade do vento variou 4.9 m/s a 1.5 m/s, variando de brisa leve a brisa suave, segundo a escala de Beaufort. Os resultados não influenciaram negativamente no desenvolvimento das plantas, na ancoragem e nas estruturas das casas de vegetação.

A precipitação apresentou pouca intensidade no mês de maio, registrando a máxima precipitação de 8,9 mm, no entanto, o mês de junho houve precipitação na maioria dos dias, com chuvas mais pesadas nos dias 5 (52.2 mm), 17 (28.7 mm), 18 (77.6 mm) e 19 (23.6). Essa frequência de precipitações no mês de junho contribuiu com maior irrigação da Testemunha.

A insolação apresentou intervalo entre 0 hora a 9 horas, sendo que no mês de maio houve insolação em todos os dias. A incidência de sol nos canteiros indica que as estruturas e as plantas da testemunha receberam carga de radiação solar, praticamente, todos os dias.

Tabela 5 - Dados de temperatura externa às casas de vegetação.

Dias	Maio			Junho		
	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima	Temperatura Média	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima	Temperatura Média
	°C	°C	°C	°C	°C	°C
1	31,3	21,5	26,0	31,9	22,3	25,9
2	31,4	22,3	25,9	30,9	22,3	25,4
3	29,8	22,5	24,4	30,8	22,5	25,2
4	29,3	22,3	24,5	27,7	22,3	22,9
5	27,4	21,2	23,6	29,4	20,8	24,1
6	30,5	21,5	24,8	29,2	22,3	24,5
7	31,2	20,3	24,6	29,1	22,3	24,3
8	30,7	21,6	24,3	28,9	20,3	23,7
9	30,2	21,3	24,2	28,6	19,6	23,4
10	30,6	20,6	24,6	28,9	20,1	23,7
11	32,3	20,8	25,6	28,2	20,8	23,6
12	30,8	22,1	24,9	28,8	21,1	23,9
13	26,9	22,8	24,2	25,2	19,3	21,8
14	29,3	22,3	24,6	24,5	23,3	21,9
15	29,8	21,2	24,5	26,4	19,8	22,1
16	31,1	21,3	24,9	25,7	20,1	21,8
17	28,0	20,0	24,0	23,4	20,8	21,6
18	28,7	21,6	23,7	26,4	20,0	22,6
19	30,3	21,3	24,7	26,7	20,6	22,5
20	30,3	20,9	24,2	27,6	20,6	22,9
21	30,6	21,5	24,6	27,8	20,0	22,4
22	30,2	21,9	25,0	27,5	19,6	22,9
23	30,0	21,8	24,8	23,7	21,0	21,8
24	30,4	22,1	24,8	26,7	19,6	22,3
25	28,9	21,6	24,3	27,5	19,5	22,6
26	30,9	21,3	24,6	26,8	19,3	22,0
27	30,5	21,2	25,0	26,0	20,3	21,9
28	31,0	21,3	25,0	22,1	19,9	20,7
29	31,2	21,3	24,8	26,9	18,6	21,9
30	32,0	21,3	25,2	26,6	19,3	22,4
31	29,2	20,8	24,1			
Média	30,1	21,5	24,7	27,3	20,6	23,0
Máxima	32,3	22,8	26,0	31,9	23,3	25,9
Mínima	26,9	20,0	23,6	22,1	18,6	20,7

Fonte: Estação Climatológica da EMBRAPA de Campina Grande.

Tabela 6 - Dados referentes a Umidade Relativa média (U.R), Velocidade do vento, Precipitação, Evapotranspiração e Insolação.

Dias	Maio					Junho				
	U.R. Média	Vel. Média do Vento	Precipitação	Evap.	Insolação	U.R. Média	Vel. Média do Vento	Precipitação	Evap.	Insolação
	%	m/s	mm	ml	Hora	%	m/s	mm	ml	Hora
1	79	3,6	0,0	5,5	9,3	79	1,5	0,0	3,5	9,0
2	75	3,9	0,0	4,9	9,6	76	3,0	3,9	4,0	8,4
3	81	3,1	0,0	4,6	8,8	82	2,7	0,0	4,7	8,9
4	90	2,9	0,0	4,2	6,1	93	1,9	0,0	4,3	2,3
5	88	3,0	8,3	2,7	3,4	85	1,7	58,2	0,5	7,8
6	78	3,8	0,0	2,8	9,3	79	2,7	0,0	2,4	6,3
7	76	2,8	0,0	5,0	10,6	77	2,6	0,0	2,8	9,0
8	78	3,2	0,0	5,2	5,6	77	3,3	0,7	4,3	8,1
9	77	3,0	3,2	5,1	9,0	75	2,5	0,2	4,7	8,9
10	79	2,6	0,0	5,8	9,0	77	2,7	0,3	4,8	8,5
11	78	1,8	0,0	5,4	7,4	83	3,5	0,0	4,4	9,0
12	85	3,6	0,0	4,9	6,9	82	2,8	0,0	5,9	6,3
13	90	3,0	3,3	2,8	4,1	91	3,0	0,0	3,5	3,7
14	82	3,9	8,6	1,3	7,6	89	2,8	2,4	1,7	0,1
15	75	3,3	0,0	3,6	9,9	91	3,4	1,9	2,0	1,3
16	75	3,5	0,0	4,9	8,2	95	2,9	5,1	1,3	1,6
17	84	2,9	0,0	3,9	7,1	97	3,0	28,7	0,3	0,0
18	86	2,5	3,4	2,1	7,2	90	2,6	77,6	0,6	2,8
19	79	2,1	0,0	5,0	8,8	87	3,7	23,6	1,2	6,7
20	83	3,3	0,0	5,1	9,1	80	3,4	0,0	2,9	2,1
21	77	3,4	0,0	4,6	9,3	81	3,3	0,0	3,6	8,5
22	67	3,8	0,0	4,8	8,3	87	2,3	1,1	3,7	5,6
23	82	4,9	0,0	4,3	7,9	94	3,5	7,8	2,3	0,6
24	75	3,5	0,0	3,6	9,4	81	3,3	2,6	1,4	9,9
25	86	3,5	0,3	5,3	4,2	83	3,9	0,0	4,0	9,4
26	76	3,7	0,0	3,7	4,9	81	3,9	3,8	3,5	6,7
27	75	3,2	0,0	4,9	7,0	88	3,4	0,3	3,5	5,6
28	86	2,1	0,0	4,0	7,0	96	2,5	9,0	2,2	0,0
29	77	3,5	0,0	3,9	9,6	86	2,9	6,3	0,8	8,4
30	71	3,0	0,0	4,8	10,1	81	3,4	0,0	3,0	6,0
31	81	2,7	0,0	3,2	4,1					
Média	80	3,2	0,9	4,3	7,7	85	2,9	7,8	2,9	5,7
Máxima	90	4,9	8,6	5,8	10,6	97	3,9	77,6	5,9	9,9
Mínima	67	1,8	0,0	1,3	3,4	75	1,5	0,0	0,3	0,0

Fonte: Estação Climatológica da EMBRAPA de Campina Grande

4.2.1 Temperatura do ar

A avaliação da variável temperatura do ar mostrou que, comparativamente, as duas casas de vegetação tiveram desempenhos semelhantes, com amplitudes acima do ambiente não protegido, confirmando Goto (2004) que afirma ser a temperatura em ambiente protegido superior ao de campo.

A análise de variância e de regressão mostrou que a os dados apresentaram diferenças significativas. Pela análise de variância (Tabela 7), verifica-se que houve diferença significativa no nível de 1% pelo teste de F, entre os tratamentos adotados.

Tabela 7 - Análise de variância das amostras de temperatura do ar nos três tratamentos

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	159.73	79.86	28.36 **
Resíduo	21	59.13	2.82	
Total	23	218.86		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns - não significativo ($p \geq .05$)

A análise das médias constante na tabela 8 mostra que houve diferença estatística pelo teste de Tukey ao nível de 5%, entre as casas de vegetação e a testemunha. Os resultados confirmam a afirmação de Goto (2004) que as temperaturas nos ambientes protegidos são superiores aos de campo

Tabela 8 - Médias de temperatura do ar (°C)

Tratamentos	Umidade do solo
Casa de vegetação CB	29.76 a
Casa de vegetação SB	29.27 a
Testemunha	24.06 b

DMS = 2.11

MG = 27.70

CV% = 6.06

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Ao longo do período avaliado, observaram-se amplitudes de temperatura basicamente iguais nas duas casas de vegetação, conforme a Figura 33, sendo as mínimas de 21,7°C para ambas as casas e máximas de 37°C para a casa de vegetação

CB e 36,6°C para a casa de vegetação SB. A amplitude do ambiente não protegido variou entre 20,3° e 32,3°C, com diferença da temperatura máxima de 4,7°C e temperatura mínima de 1,4°C em relação aos ambientes protegidos. Da análise do comportamento térmico, conclui-se que não há diferença térmica entre as casas de vegetação, comparado com o ambiente não protegido, as mesmas contribuíram com temperaturas mais baixas para a cultura.

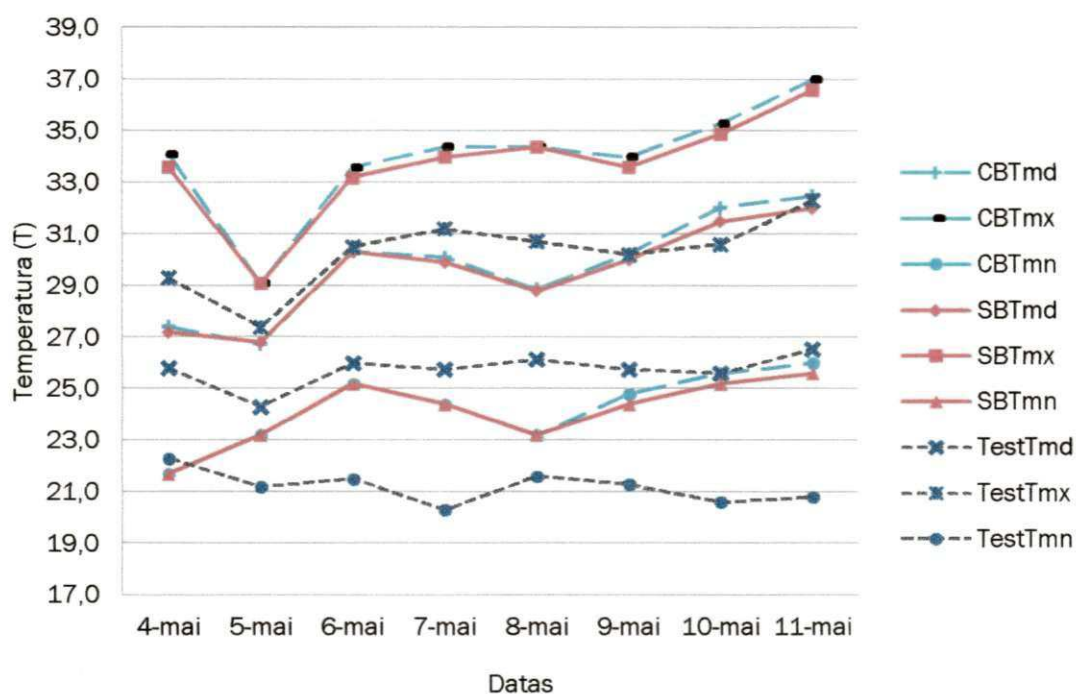


Figura 33 - Variação de temperatura para as duas casas de vegetação e para a testemunha - temperatura média (Tmd), temperatura máxima (Tmx), temperatura mínima (Tmn).

Observa-se que as temperaturas mais baixas estiveram dentro do limite da faixa ótima para a cultura da alface, entre 24 e 29°C. Os resultados obtidos são equivalentes aos dados obtidos por Brito (2000) e Tibiriçá et al. (2004), avaliados em ambientes diferentes.

Não foram observadas alterações morfológicas nas plantas provocadas pela temperatura do ar nas casas de vegetação. As plantas no ambiente não protegido floraram mais rápido que as plantas protegidas. Esse comportamento pode ser atribuído a amplitude da temperatura do ar no ambiente não protegido, que recebeu maior quantidade de luz e radiação solar. Observou-se que os três ambientes apresentaram amplitudes de temperaturas compatíveis com a cultura, pois, conforme afirma Sganzerlla, apud Tibiriçá et al. (2004), que o aumento de temperatura provoca queda de

fotossíntese e a umidade alta promove o aparecimento de doenças, nenhum desses casos foram observados no desenvolvimento das plantas durante o experimento.

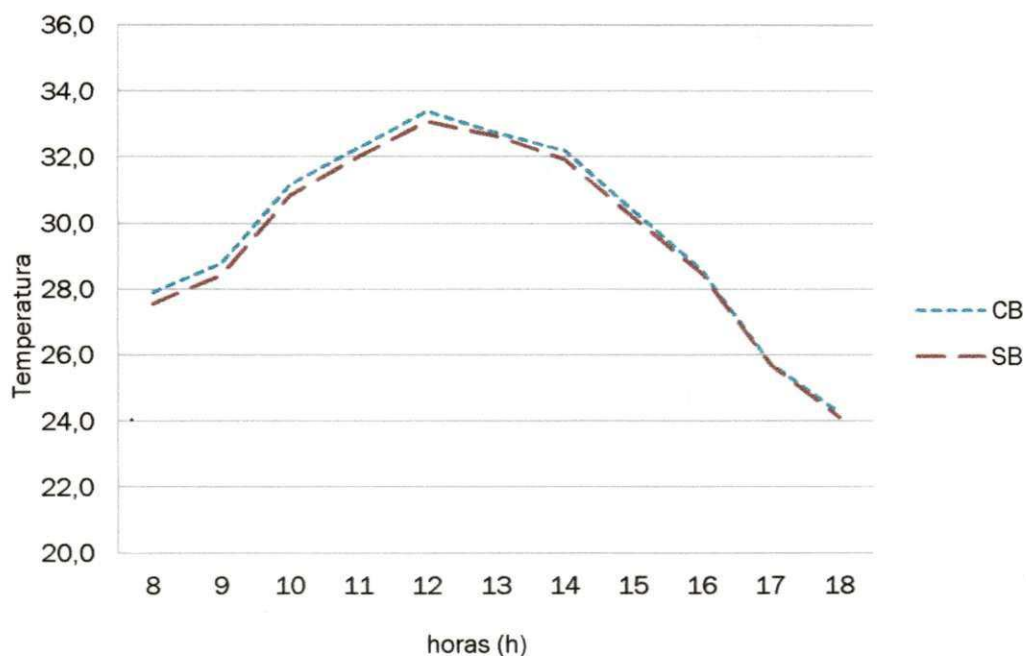


Figura 34 - Perfil térmico diário das duas casas de vegetação

Comparando o perfil térmico diário das duas casas de vegetação, observa-se que as temperaturas foram praticamente idênticas, com pequena diferença nos primeiros horários e igualando-se no período da tarde (Figura 34). Entre os horários de 10 e 15 horas, a temperatura ultrapassou o limite máximo exigido para a alface, que é de 29°C, baixando nos demais horários para as faixas dos limites mais baixos de 24°C, exigido pela a alface, sendo mais acentuado no período da tarde. Pela análise, a temperatura média pode ser considerada adequada para o desenvolvimento da cultura, tendo em vista que as temperaturas mais baixas tem maior duração ao longo do dia e que as temperaturas noturnas que contribuem mais para obtenção de melhore produtividade das plantas que as diurnas.

4.2.2 Umidade Relativa do Ar

A análise de variância e de regressão mostrou que a os dados apresentaram diferenças significativas. Pela análise de variância (Tabela 9), verifica-se que houve diferença significativa no nível de 1% pelo teste de F, entre os tratamentos adotados.

Tabela 9 – Análise de variância das amostras de temperatura do ar nos três tratamentos

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	2059.34	1029.67	7.89 **
Resíduo	21	2765.16	131.67	
Total	23	4824.50		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns - não significativo ($p \geq .05$)

A análise das médias constante na tabela 10 mostra que houve diferença estatística pelo teste de Tukey ao nível de 5%, entre as casas de vegetação e a testemunha. Os resultados são equivalentes ao perfil observado por Santana et al. (2009) no estudo de desempenho de cultivares de alface americana em ambientes sombreados na região do submédio são francisco-BA.

Tabela 10 - Médias de temperatura do ar (°C)

Tratamentos	Umidade do solo
Casa de vegetação CB	61.06 b
Casa de vegetação SB	61.14 b
Testemunha	80.75 a
DMS = 11.93	MG = 67.65
	CV% = 16.96

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A análise da umidade relativa do ar para os três tratamentos constata-se que houve variações importantes, sendo a umidade do ar do ambiente não protegido regular, com umidade máxima de 90% e umidade mínima de 76%, bem acima dos valores exigidos pela alface, que oscila entre 60 e 70%, enquanto que a variação da umidade relativa do ar das casas de vegetação a variação ficou entre 84,6 e 48,4% (Figura 35).

Comparativamente, as condições de umidade de ar nas casas de vegetação são mais adequadas ao crescimento e desenvolvimento das plantas do observado nas plantas cultivadas no não ambiente protegido. Essa observação é confirmada por Laranjeiras (2004) em que a umidade relativa do ar é inversamente proporcional a temperatura do ar. O vento atuando nas laterais das casas de vegetação pode ter contribuído para diminuição dos valores da umidade relativa do ar. Oliveira et al. (2006) registraram maior rendimento da massa fresca da alface em condições de altas

temperaturas e luminosidade em estruturas de túneis, onde observaram que o ambiente protegido modifica o ambiente atuando como uma barreira de água, irradiação e ventilação, criando micro clima favorável ao desenvolvimento da planta em clima quente.

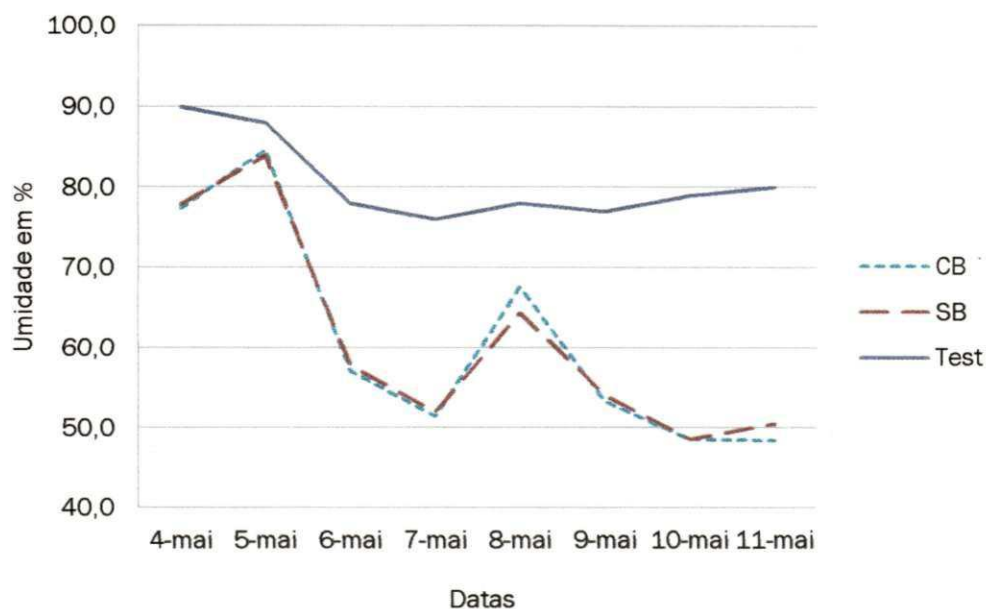


Figura 35 - Comparativo da umidade relativa do ar nos três tratamentos

A análise do perfil de umidade do ar diário, na Figura 36, mostra valores idênticos para os dois tratamentos em ambientes protegidos, com valores mais baixos no intervalo entre 10 e 15 horas e valores mais altos, dentro da faixa desejada para a cultura da alface nos demais horários. O gráfico mostra que no período da tarde a umidade é bem superior ao do início de manhã, fazendo com que as condições de desenvolvimento da planta permaneçam dentro dos valores exigidos pela alface. Os dados coletados nos dataloggers mostraram que nos horários noturnos e da madrugada, a umidade do ar atingiu o ponto máximo, decaindo no período da manhã, chegando ao valor mínimo nos horários de temperaturas mais altas e elevando-se a partir das 15 horas. Esse ciclo de variação poderá ter contribuído para que as condições de umidade e temperatura se mantivessem dentro da faixa desejada, conforme as exigências da alface nos ambientes protegidos.

Para ajustar os valores da temperatura na faixa exigida pela cultura e aumentar proporcionalmente o índice de umidade do ar, recomenda-se o estudo de influências de diversas cores e espessuras de lonas com o intuito de verificar a influência das cores no ambiente e no desenvolvimento das plantas em regiões de climas semiárido, como o

estudo realizado por Brito (2000) na cidade de Viçosa, que definiu a lona plástica na cor azul com um percentual de sombreamento de 77,7%.

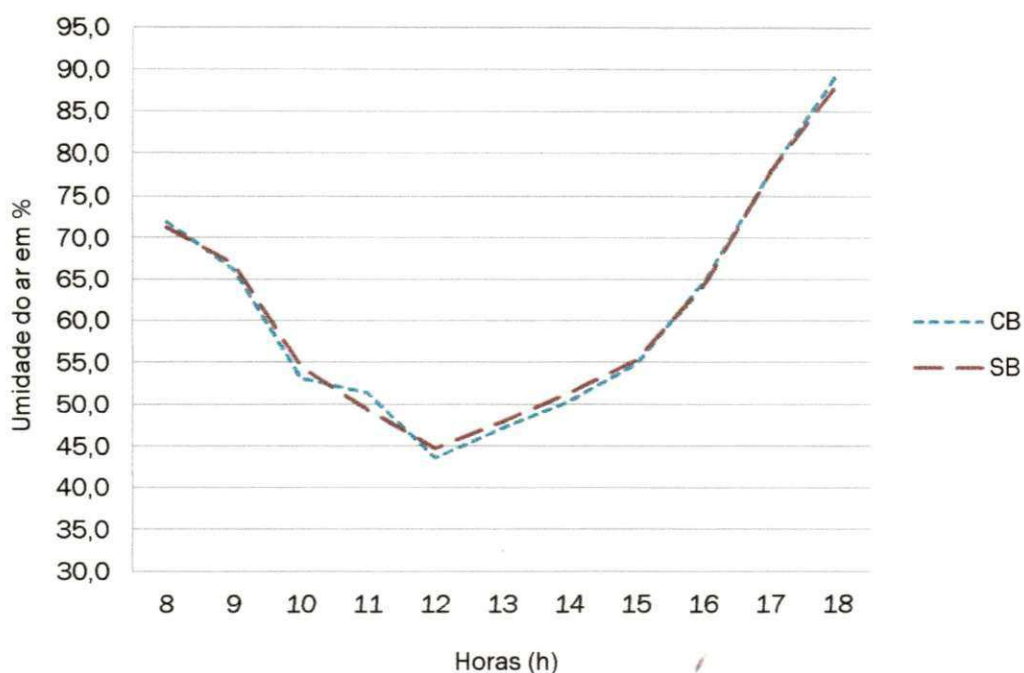


Figura 36 - Perfil diário de umidade relativa do ar nas casas de vegetação

A proximidade de valores das casas de vegetação é semelhante aos dados obtidos em estudos realizados comparando casas de vegetação por Brito (2000), Tibiriçá et al. (2004) e Oliveira et al. (2006).

Observou-se que as condições e umidade relativa do ar não condicionaram o aparecimento de doenças, fungos, nem a proliferação de insetos, conforme recomenda Goto (2004). A circulação de ar nas aberturas laterais da estrutura pode ter dado contribuições importantes no equilíbrio entre a temperatura do ar e a umidade do ar.

4.2.3 Umidade do solo

A Tabela 11 apresenta os dados de massa úmida, massa fresca e o índice de umidade do solo nos três tratamentos adotados. As amostras foram coletadas durante sete dias diferentes, aos 55, 67, 72, 80, 93, 101 e 107 dias, no período da manhã, sempre no mesmo horário, em recipiente de alumínio com tampa, apropriadas para coleta, em locais escolhido ao acaso em cada tratamento, em corte em V, com profundidade de 15 cm, com retirada do material no meio da profundidade do corte. As

condições das análises no Laboratório de Solos também seguiram procedimentos padrão para todas as amostras na obtenção dos dados.

Tabela 11 - Umidade do Solo nos três tratamentos.

Dias	HS	Casa de Vegetação (CB)			Casa de Vegetação (SB)			Testemunha (Test)		
		Massa úmida (g)	Massa Seca (g)	%	Massa úmida (g)	Massa Seca (g)	%	Massa úmida (g)	Massa Seca (g)	%
55	17h	253,53	218,33	13,9	233,13	193,04	17,2	226,27	202,51	10,5
67	17h	265,22	237,46	10,5	177,77	153,47	13,7	235,7	203,29	13,8
72	17h	248,82	208,64	16,1	228,97	190,3	16,9	213,49	181,22	15,1
80	17h	200,41	172,14	14,1	155,2	125,24	19,3	186,61	160,24	14,1
93	17h	236,34	206,54	12,6	186,24	153,24	17,7	208,71	178,71	14,4
101	17h	256,94	221,04	14,0	196,14	162,14	17,3	215,51	180,51	16,2
107	17h	251,24	219,66	12,6	198,84	160,94	19,1	214,01	182,41	14,8
Médias		244,64	211,97	13,4	196,61	162,62	17,3	214,33	184,13	14,1

A análise de variância e de regressão mostrou que a hipótese inicialmente formulada não se confirmou pelo tipo de tratamento adotado. Pela análise de variância (Tabela 12), verifica-se que houve diferença significativa no nível de 1% pelo teste de F, entre os tratamentos adotados.

Tabela 12 - Análise de variância das amostras de umidade do solo para os três tratamentos.

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	60.66952	30.33476	9.4726 **
Resíduo	18	57.64286	3.20238	
Total	20	118.31238		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns - não significativo ($p \geq .05$)

A análise das médias constante na tabela 13 mostra que não houve diferença estatística pelo teste de Tukey ao nível de 5%, entre a casa de vegetação com barramento e a testemunha. A casa de vegetação sem barramento, que não dotada de

recursos para retenção de umidade do solo nem sofreu ação de precipitação pluvial, apresentou diferença estatística em relação aos dois tratamentos citados anteriormente.

Tabela 13 - Médias de umidade do solo (%)

Tratamentos	Umidade do solo
Casa de vegetação CB	13.4b
Casa de vegetação SB	17.3a
Testemunha	14.1b

DMS = 2.4

MG = 14.9

CV% = 12.0

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.
Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

O gráfico da Figura 37 mostra que a diferença da umidade do solo da casa de vegetação sem barramento é significativa, podendo ser constatado valores iguais entre as casa de vegetação sem barramento e a testemunha e valores equivalentes aos 72 dias do experimento. Os dados mostram que a casa de vegetação com barramento apresentou baixo índice de umidade do solo em todo o período experimental.

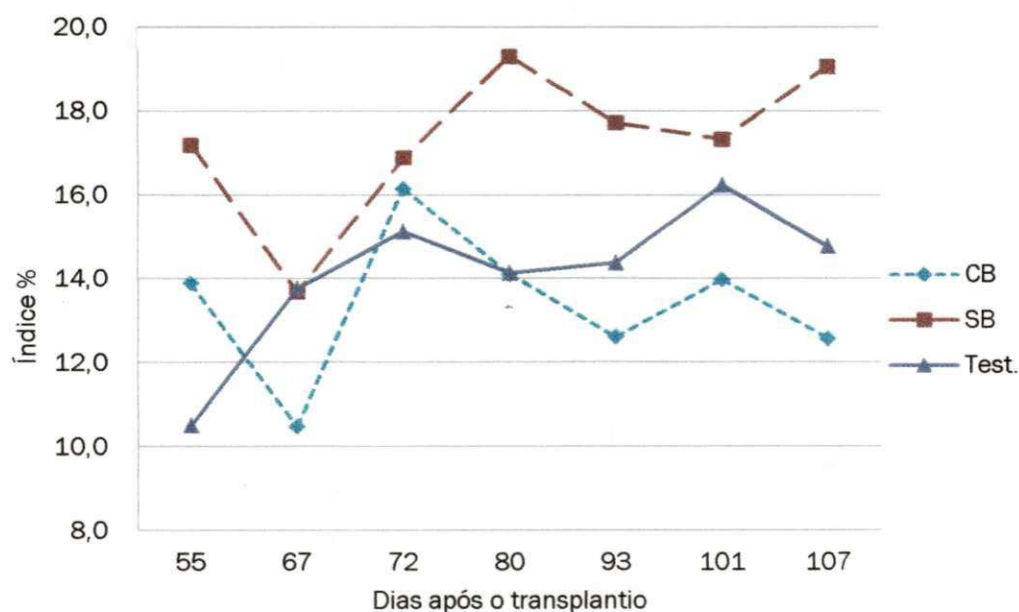


Figura 37 - Umidade do solo nos três tratamentos.

Vários fatores podem ter contribuído para que a casa de vegetação com barramento apresentasse umidade do solo baixo. O formato e a as alturas das casas de vegetação pode ter apresentado condições meteorológicas diferentes e ter contribuído para os resultados alcançados. A altura da casa de vegetação sem barramento pode ter contribuído para o aumento de temperatura interna, exigindo assim, maior transpiração

das plantas (Tibiriçá, 2004) ou provocar formação de gotejamento na face inferior da cobertura. A altura da casa de vegetação com barramento permitiu maior abertura nas laterais norte e sul e assim maior ventilação no interior da instalação, contribuindo para retirada de umidade do ar, fazendo com que as plantas retirassem maior quantidade de água do solo para seu desenvolvimento.

A implantação do experimento também pode ter contribuído para os resultados obtidos, uma vez que o terreno é uma área de aterro com vários tipos de solos e pedras, podendo ter diferentes perfis de solo numa mesma área. Dessa forma, os tratamentos aplicados no experimento parecem não ser adequados para as condições em que foi instalado.

Independente dos resultados obtidos e dos fatores influenciadores, não foi observada interferência no desenvolvimento e crescimento das plantas testadas nos três tratamentos adotados quanto à ambiência e cultivo das plantas.

4.3 Avaliação das variáveis agronômicas

Para verificar se os ambientes realmente atenderam às necessidades da cultura da alface realizou-se a avaliação das variáveis agronômicas, como respostas ao ambiente de cultivo.

Para a avaliação das variáveis agronômicas do cultivo da alface, foi realizada a análise de variância para as variáveis de Altura da Plana (AP), Largura do Dossel (LD), Número de Folhas (NF), Área Foliar (AF), Massa Fresca (MF) e Massa Seca (MS), apresentadas nas tabelas 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21 do apêndice.

Pela análise de variância, as variáveis referentes a altura da planta (AP), largura do dossel (LD) e área foliar (AF) foram significativamente diferentes pelo teste F a 1% de probabilidade, para os tratamentos e blocos, não apresentando diferença na interação tratamento x blocos. As variáveis referentes ao número de folhas (NF), massa fresca (MF) e massa seca (MS) não apresentaram diferenças significativas.

A intensidade luminosa promove um aumento da atividade fotossintética, aumentando a produção de massa seca, fato esse que pode ter contribuído pelo desenvolvimento das plantas no ambiente não protegido com faixa de ganho de massa seca próxima do ambiente protegido. De fato, Benincasa (2003) confirma que a matéria

seca ao longo do crescimento resulta da ação fotossintética pela absorção de nutrientes minerais.

A Tabela 14 apresenta as o resumo das médias das variáveis de crescimento para Altura da Planta (AP), Largura do Dossel (LD), Número de Folhas (NF), Área Foliar (AF), Massa Fresca (MF) e Massa Seca (MS) dos resultados do teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade para os três tratamentos (Casas de Vegetação CB, Casa de Vegetação SB e Testemunha).

Comparando as médias agrupadas das variáveis para os tratamentos, verificam-se semelhanças nos resultados entre as casas de vegetação e diferenças dessas casas de vegetação em relação ao tratamento da testemunha para as variáveis de Altura da Planta (AP), Largura do Dossel (LD) e Área Foliar (AF).

Tabela 14 - Resumo das médias de Altura da Planta (AP), Largura do Dossel (LD), Número de Folhas (NF), Área Foliar (AF), Massa Fresca (MF) e Massa Seca (MS), para os três tratamentos.

Tratamento	AP	LD	NF	AF	MF	MS
	(cm)	(cm)	(un)	(cm ²)	(g)	(g)
Casa de vegetação CB	34.71a	42.83a	28.13 a	4142.61a	202.99a	11.01a
Casa de vegetação SB	37.00a	42.42a	29.42 a	4163.39a	201.73a	11.44a
Testemunha	24.63b	33.29b	26.02 a	2605.60b	171.28a	8.973a
CV%	26.53	9.82	27.36	33.49	39.87	38.71

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As variáveis, Número de Folhas (NF), Área Foliar (AF), Massa Fresca (MF) e Massa Seca (MS) não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Apesar das semelhanças nos tratamentos, não foi observado anomalias morfológicas ou variação na interação entre as variáveis de crescimento.

Os dados relativos a altura da planta (AP) mostram que o desenvolvimento foi semelhante nas duas casas de vegetação com crescimento praticamente idênticos. Conforme pode ser observado na Figura 38, os tratamentos iniciaram o processo de crescimento de forma semelhante, diferenciando-se a partir do dia 30 de junho, quando as plantas do tratamento não protegido passaram a ter um desenvolvimento significativamente menor. Observa-se também que o crescimento das plantas da casa de

vegetação CB apresentou um resultado inferior ao crescimento da casa de vegetação SB ao logo do ciclo do experimento.

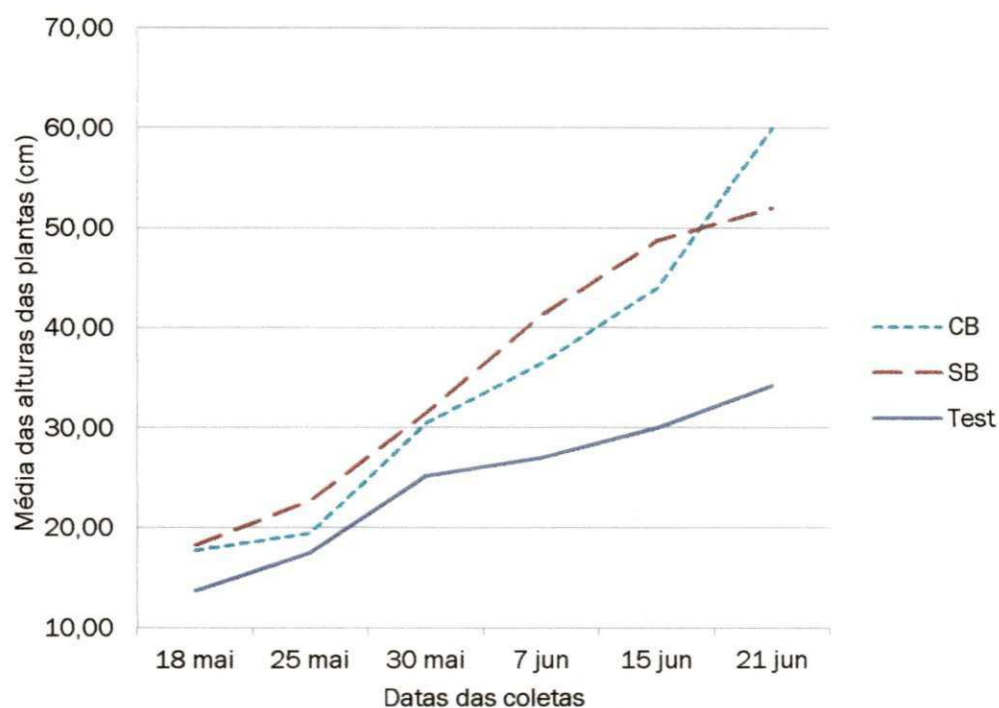


Figura 38 - Média das alturas das plantas em função do tempo.

Os resultados obtidos são compatíveis com a literatura, em que o cultivo em ambiente protegido apresenta melhores resultados do que cultivo em ambiente aberto. Barros Jr. et al. (2004) obtiveram melhores resultados no cultivo de alface em túneis de 50 cm de altura com cobertura de agrotêxtil, comparando cultivo sem proteção na cidade de Mossoró. Estudos realizados por Oliveira et al. (2006) mostram que o agrotêxtil modifica o ambiente atuando como barreira a água, radiação e ventilação, separando a cultura do ambiente externo. Este estudo realizado pelos autores na cidade de Mossoró com agrotêxtil apresentou melhores respostas na redução da temperatura e luminosidade elevada ao longo do ciclo do cultivo, favorecendo assim, o desenvolvimento da alface.

O retardo do crescimento das plantas do tratamento testemunha a partir de 30 de maio pode estar relacionado com a variação dos fatores ambientais externos. Segundo Bezerra Neto (2005) o excesso de radiação e temperatura pode levar a uma mudança de estado provocando estresse fisiológico, impedindo assim, o desenvolvimento da planta. A temperatura ideal para desenvolvimento da alface situa-se entre 15 e 24°C (Feltrim,

2005), no entanto, os dados meteorológicos de temperatura externa média de 23°C no mês de junho, com menor temperatura de 18.6°C, ou seja, o ambiente externo apresentou temperatura acima do tolerado pela alface, o que pode ter contribuído para o retardo no período de junho.

Outros fatores climáticos pode ter contribuído para o retardo acima, como o alto índice de umidade relativa do ar, evapotranspiração, o que pode ter contribuído para déficit hídrico ao longo do dia, associado com a insolação com dias mais longos com média de 10.6 horas.

Os resultados obtidos são superiores aos obtidos por Barros Jr. et al. (2004) em experimento em casa de vegetação em túnel baixo de 50 cm, com alfaces Babá de Verão e Tainá, utilizando três tratamentos com coberturas diferentes, na cidade de Mossoró. O autor concluiu que a cobertura com agrotexil de gramatura maior apresentou melhores resultados, com média de 21,91 cm. Oliveira et al. (2006) obteve resultados similares em experimento com três cultivares em e três tratamentos, na cidade de Mossoró, sendo um tratamento em pleno sol, outro com agrotexil diretamente na planta e um tratamento em casa de vegetação tipo túnel baixo, em que os autores concluíram que a proteção em forma de túnel com agrotexil apresentou melhores resultados para a altura das plantas.

Os dados referentes a largura do dossel (LD) também mostram que o desenvolvimento foi praticamente idêntico para os dois tratamentos protegidos, com significativa diferença em relação ao ambiente não protegido. Conforme pode ser observado na Figura 39, o crescimento se desenvolveu de forma semelhante até o dia 30 de junho, apresentando pequena variação a partir desta data com uma pequena vantagem para o crescimento das plantas da casa de vegetação CB. Observa-se que a partir dessa data, os três tratamentos apresentaram decréscimo no crescimento na largura da planta. Outro aspecto a ser observado está relacionado ao desenvolvimento uniforme para os três tratamentos, isto é, linhas de crescimento com o mesmo perfil.

Desde o início do ciclo, as plantas do tratamento da testemunha tiveram o seu desenvolvimento significativamente inferior aos das plantas em ambientes protegidos, acentuando-se a partir do dia 30 de maio. Pela análise, constata-se que a casa de vegetação SB apresenta desempenho mais eficiente ao longo do ciclo de crescimento da planta, mesmo apresentando resultado final inferior ao da casa de vegetação CB.

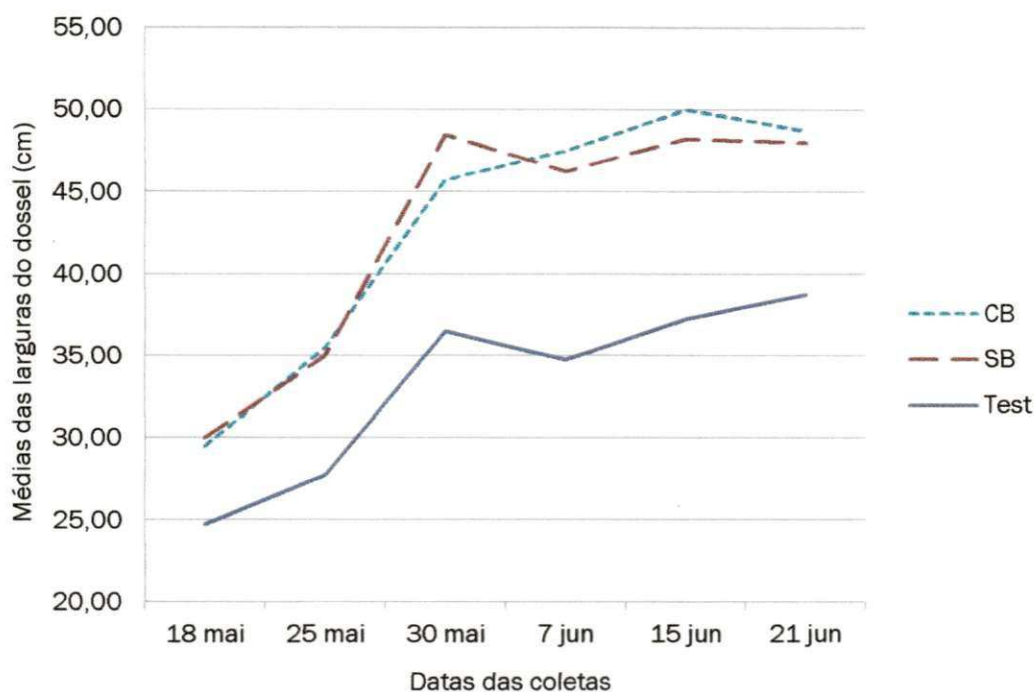


Figura 39 - Medidas da largura do Dossel ao longo do tempo

Os resultados são equivalentes aos obtidos por Barros Jr. et al. (2004) comparados alfaces Babá de Verão e Tainá, com tratamento em casa de vegetação tipo túnel baixo com tratamento em pleno sol na cidade de Mossoró.

As médias dos dados do número de folhas ao longo do ciclo não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, conforme pode ser observado na análise de variância na tabela 17 do apêndice, no entanto, observa-se uma pequena diferença do resultado da testemunha relacionada às plantas dos ambientes protegido que apresentaram maior número de folhas.

As alfaces, quando cultivadas em estufa, apresentaram um número final de folhas maior do que as cultivadas a campo Fadin (2009) uma vez que a temperatura exerce efeito significativo na taxa de aparecimento de folhas em diversas espécies de plantas. Os autores observaram melhores resultados no ganho de folhas em estudo realizado com crescimento de cultivares de alface, conduzidas em estufa e a campo, na cidade de El Dorado do Sul, utilizando filme transparente.

As plantas da casa de vegetação SB tiveram desenvolvimento do número de folhas mais regular entre os tratamentos com um pequeno decréscimo no dia 15 de junho, apresentando assim, melhor desempenho ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas.

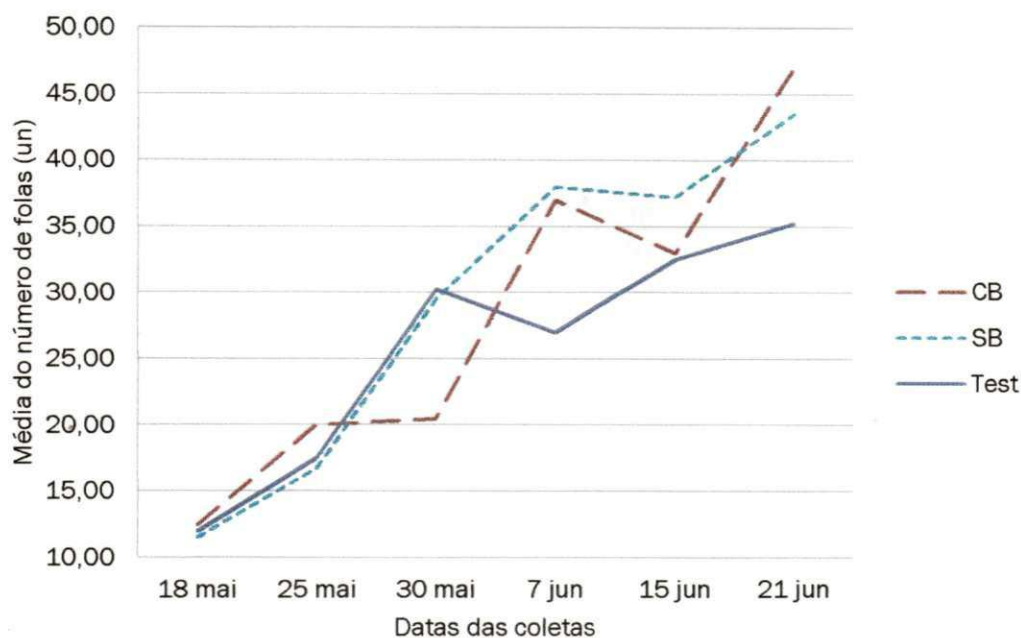


Figura 40 - Média do número de folha ao longo do tempo.

Barros júnior et al. (2004) avaliaram duas cultivares de alface (baba de verão e tainá), em cultivo em túneis baixo de agrotêxtil na cidade de Mossoró com resultados semelhantes em ambientes protegidos em dois tipos de cobertura (NF 19,5) de agrotêxtil branco de 13 g/m² e 19,5 em cobertura agrotêxtil branco de 40 g/m² e cultivo sem cobertura em cultivo sem cobertura (NF 19,8).

Santana et al. (2009) também obtiveram resultados equivalentes em cultivo de alface roxa, com NF 11,67, em ambiente sem cobertura e NF 11,41 em ambiente com cobertura de tela de sombreamento de 30% e NF 10,17 com cobertura de tela de sombreamento de 50%.

Oliveira et al. (2006) obteve resultados semelhantes no experimento realizado na cidade de Mossoró, para as cultivares Babá de Verão e Verônica nos três tratamentos, com valores maiores para a cultivar Tainá.

Pela análise, verifica-se que o tipo de cobertura transparente e translúcido ou com sombreamento influenciam significativamente o desenvolvimento do número de folhas.

Os dados das médias de área foliar apresentam variação significativa pela análise de variância nos tratamentos, conforme pode ser observado na tabela 19 do apêndice, porém, não há diferença relacionada ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, conforme a tabela 14, da página 86. Pelo gráfico da Figura 41, observa-se que nas duas primeiras coletas de dados praticamente não há variação entre os três tratamentos, o

que aconteceu a partir da quarta coleta, sendo o desenvolvimento das folhas mais acentuado nos dois ambientes protegidos, com resultados semelhantes, com um retardo significativo das plantas do ambiente não protegido. Essa regularidade do desenvolvimento das folhas nos ambientes protegidos pode ser atribuída ao nível de iluminação mais uniforme nos ambientes protegidos que no ambiente não protegido.

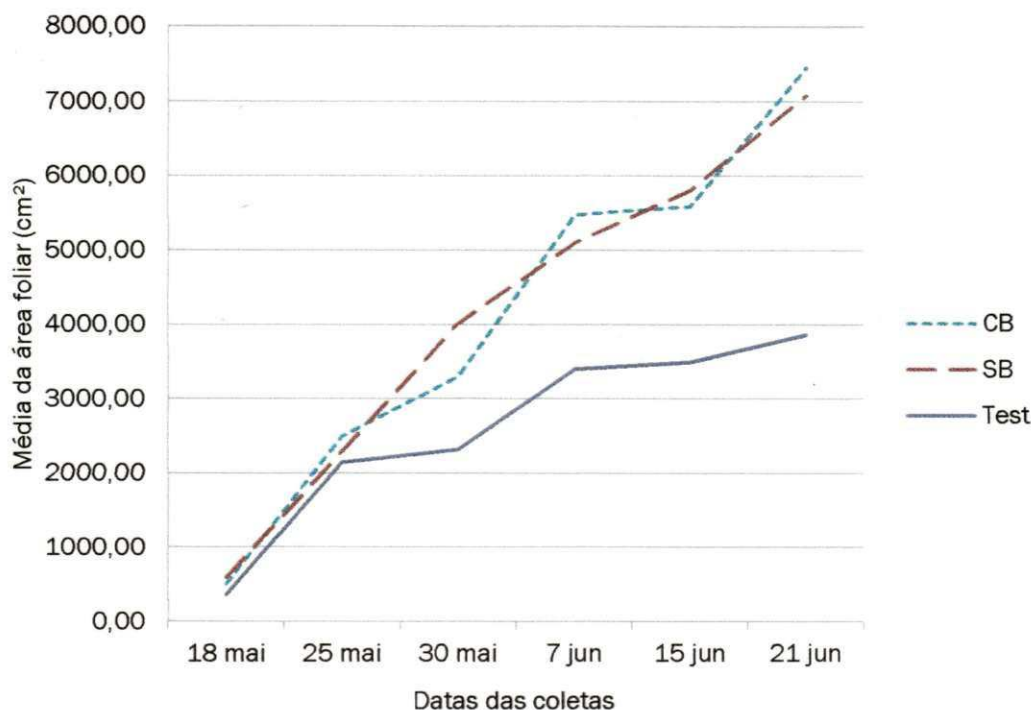


Figura 41 - Média da área foliar ao longo do tempo.

Conforme pode ser observado na Figura 42, até a segunda coleta, os dados são equivalentes, iniciando a variação entre os tratamentos a partir da dessa coleta. A casa de vegetação CB teve um pequeno crescimento ao longo do ciclo do ciclo de crescimento, já a casa de vegetação SB apresentou um crescimento da área foliar mais uniforme.

Quanto aos decréscimos observados nos tratamento protegidos atribui-se que a concentração na coleta de plantas mais centrais que recebem uma quantidade menor de luz que as plantas próximas às bordaduras, uma vez que essa característica não foi observada no tratamento da testemunha.

Os resultados obtidos são equivalentes aos observados por Santana et al. (2009) no Submedio São Francisco, para as cultivares de alface Grandes Lagos e Rafaela, em tratamentos com cobertura de telas de sombreamento de 30%, 50% e tela branca, em

casas de vegetação tipo túnel baixo de 50 cm de altura. No entanto, os resultados obtidos em pleno sol foram superiores aos obtidos nos ambientes protegido.

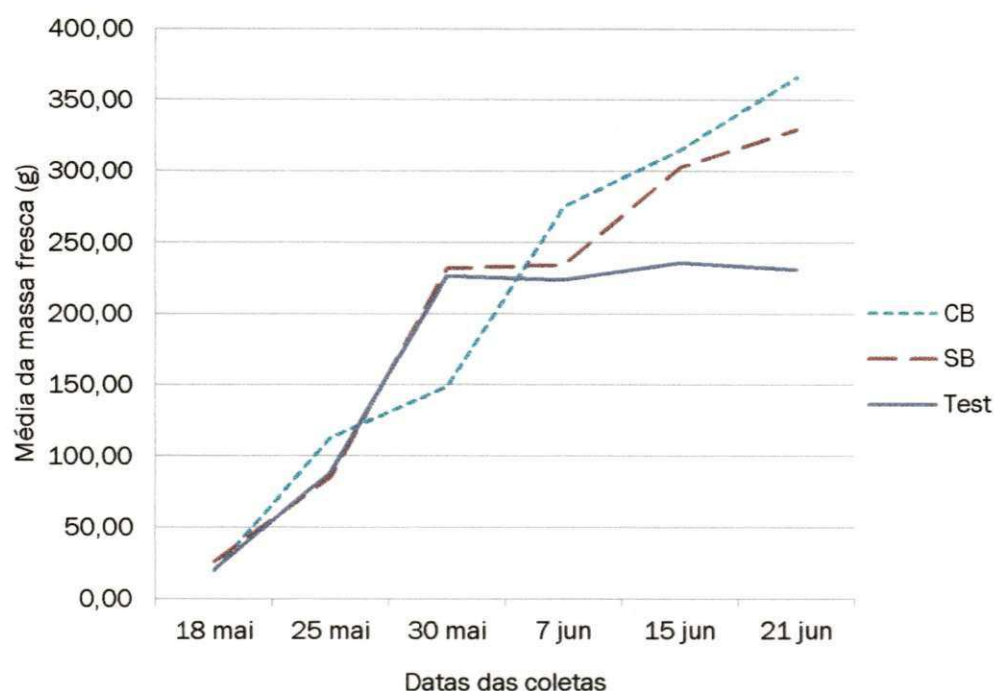


Figura 42 - Média da massa fresca ao longo do tempo.

Os dados das médias de massa fresca não apresentam variação significativa pela análise de variância nos tratamentos, conforme pode ser observado na tabela 20 do apêndice, nem diferença relacionada ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, conforme a tabela 14, da página 86. Pelo gráfico da figura 43, observa-se que o ganho de produção de matéria fresca foi compatível com desenvolvimento da área foliar, com semelhanças no desenvolvimento observados nas primeiras coletas, com uma pequena variação nas três últimas coletas, com pequena vantagem no crescimento das plantas do ambiente protegido.

O gráfico mostra que as plantas dos tratamentos CB e Testemunha tiveram crescimento mais acentuado no início e mais lento ao final do ciclo de desenvolvimento das plantas. As plantas do tratamento SB tiveram um crescimento mais lento, porém, com desempenho final mais acentuado que o tratamento CB e a Testemunha. Pela análise empreende-se que as condições ambientais do tratamento SB foram mais eficientes no desenvolvimento das plantas, mesmo considerando-se a pequena variação dos resultados relacionados à produtividade.

Os resultados observados por Oliveira et al. (2004) na cidade de Mossoró, mostraram também que, independente da cultivar, a casa de vegetação em tipo túnel registra maior quantidade de massa fresca da parte aérea, confirmando assim, a eficácia do sistema de ambiente protegido no ganho da massa fresca.

Resultados semelhantes foram apresentados por Santana et al. (2009) no Submedio São Francisco para tratamentos em ambientes protegidos, com destaque para os tratamentos com cobertura de tela branca e em pleno sol, que ofereceram boas características as alfaces cultivadas.

Os dados das médias de massa seca, da mesma forma que os dados da massa fresca, não apresentam variação significativa pela análise de variância nos tratamentos, conforme pode ser observado na tabela 21, do apêndice, nem diferença relacionada ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, conforme a tabela 14 da página 86. Pelo gráfico da figura 43, observa-se que o ganho de produção de matéria seca seguiu a mesma tendência de crescimento da área foliar e o ganho da matéria fresca, que demonstra o desempenho dos tratamentos. O ganho de matéria seca foi semelhante nas três primeiras coletas, com variação da testemunha a partir da quarta coleta, sendo observado melhor desempenho dos ambientes protegidos.

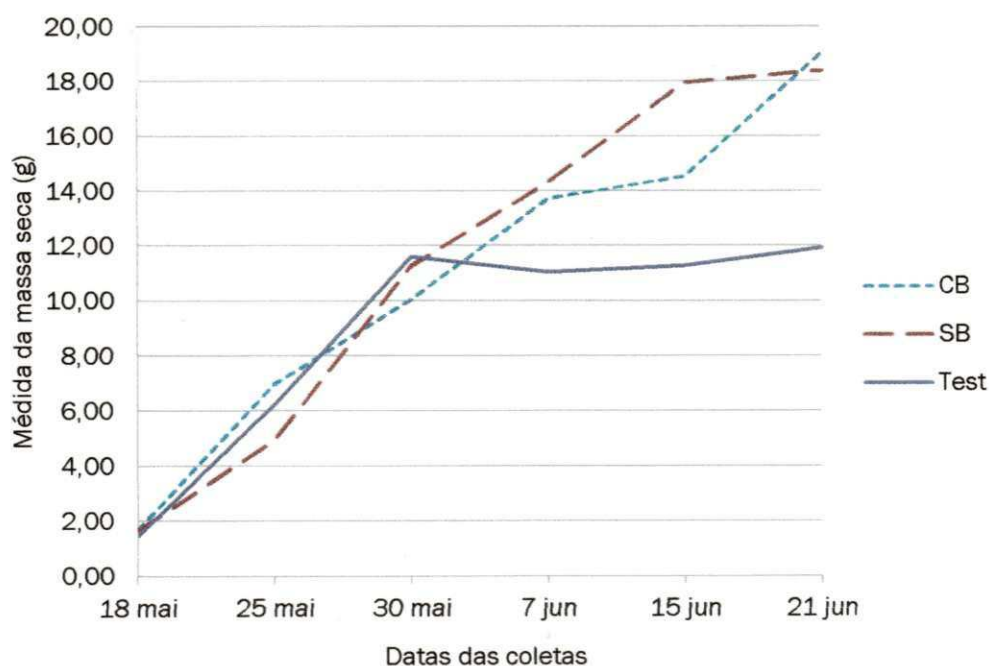


Figura 43 - Médias da massa seca ao longo do tempo.

O gráfico mostra que as plantas dos ambientes protegidos tiveram crescimento mais uniforme. As plantas do tratamento SB tiveram um pequeno crescimento mais lento que o tratamento CB. Pela análise empreende-se que as condições ambientais do tratamento SB foram mais eficientes no desenvolvimento das plantas, mesmo considerando-se a pequena variação dos resultados relacionados à produtividade.

A análise dos tratamentos relacionada com o crescimento e desenvolvimento das plantas nos três ambientes mostram que o cultivo da alface em ambientes protegidos é mais eficiente e de melhor desempenho que em ambientes não protegidos.

Comparando os três tratamentos, deduz-se que as duas casas de vegetação avaliadas são eficientes e oferecem condições satisfatórias para o cultivo da alface, sendo que, a casa de vegetação SB, apesar ter apresentado menor desempenho final relacionada com a casa de vegetação CB, apresenta maior regularidade ao longo do ciclo de desenvolvimento das alfaces.

Os resultados são equivalentes aos obtidos por Santana et al. (2009) no experimento realizado no Submedio São Francisco, para os tratamentos em ambiente protegidos. Para Massa seca não houve diferença significativa nos três tratamentos avaliados, MS 1,56 g em ambiente sem cobertura, MS 1,01 g em ambiente com cobertura de tela de sombreamento 30% e MS 0,96 g em cobertura de tela de sombreamento 50%.

Barros júnior et al. (2004) avaliaram duas cultivares de alface (baba de verão e tainá) em cultivo em túneis baixo de agrotêxtil na cidade de Mossoró obtiveram resultados semelhantes para ambiente sem cobertura (MS 6,6 g), e dois tipos de cobertura (MS 19,5 g) em cobertura de agrotêxtil branco 13 g/m² e (MS 19,5 g) em cobertura de agrotêxtil 40 g/m².

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A solução adotada na presente pesquisa atende aos objetivos da pesquisa e confirma as hipóteses inicialmente levantadas referente a estrutura adequada para o cultivo de alface na cidade de Campina Grande. Pela análise dos dados de unidade do solo, constata-se que a hipótese de barramento de água do processo de irrigação não foi confirmada, necessitando de novos experimentos para verificação de eficiência do barramento. A partir dos resultados obtidos, conclui-se que:

1. As casas de vegetação tipo túnel baixo avaliadas responderam bem ao experimento com a alface tanto no que se refere à ambiência, quanto nas condições de desenvolvimento e crescimento das alfaces testadas. As estruturas responderam satisfatoriamente ao ambiente do experimento, sendo a estrutura em arco mais eficiente em todos os aspectos testados e avaliados sendo, portanto, indicada para aplicações futuras.
2. Sob o aspecto da implantação do modelo, a estrutura permite penetração de luz e circulação de ventos predominantes no interior das instalações e os quebra-ventos tiveram papel importante no barramento de ventos, mantendo a estrutura em bom estado;
3. O distanciamento de 1,5 m da altura da estrutura se mostrou adequado na circulação de ventos e no manuseio das instalações sendo, portanto, recomendado para dimensionamentos futuros;
4. Os materiais utilizados nas estruturas mostraram-se eficientes na montagem e instalação, dispensando mão-de-obra especializada, além de baixo custo de aquisição.
5. O barramento de água não respondeu satisfatoriamente na umidade do solo da casa de vegetação com barramento, o que não comprova a hipótese de armazenamento de água do processo de irrigação no subsolo do canteiro;
6. As casas de vegetação se mostraram mais eficientes no cultivo das alfaces que no ambiente sem proteção, sendo a casa de vegetação em arco, sem barramento, com melhor desempenho que os demais tratamentos.

A partir dos resultados da pesquisa, observa-se que outros fatores e estudos podem ser estudados no modelo desenvolvido. Dessa forma, recomenda a continuidade de estudos dos modelos para avaliação de:

1. Fatores ambientais de radiação solar, efeito dos ventos no interior das estruturas, índice de luminosidade e outros fatores que possibilitem verificar e eficiência das casas de vegetação;

2. Avaliação de outros fatores e variáveis agronômicas da mesma cultivar analisada e de outras cultivares e outras hortaliças no ambiente analisado e em outros ambientes;

3. Aplicação de outros materiais e arquiteturas a partir da aplicação do material proposto, tendo em vista o baixo custo, disponibilidade comercial e facilidade de fabricação;

4. Realização de intervenções no campo de design e ergonomia para garantir a eficiência quanto ao uso das casas de vegetação;

5. Aplicação do modelo em ambientes com diferentes amplitudes de temperaturas, umidade e radiação solar;

6. Realização de novos estudos para aproveitamento da irrigação do solo através de barramento de água através de métodos adequados ao processo de irrigação.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, M.R. Ensino do Design: A Interdisciplinaridade na Disciplina de Projeto em Design. 2004. 163p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC, Florianópolis, 2004.

AZEVEDO, M.A.; NASCIMENTO, J.B.W.; FURTADO, D.A. Técnicas construtivas para barragens subterrâneas, bapucosa e poços amazonas. Revista de Educação Agrícola Superior, v.25, n.1, p.31-36, 2010.

BARROS JÚNIOR, A.P. et al. Cultivo da alface em túneis baixo de agrotêxtil. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 22, n. 4, p. 801-803, 2004.

BENINCASA, M.M.P. Análise do crescimento de plantas: noções básicas. 2º Ed. Jaboticabal: FUNEP, 41 p., 2003.

BEZERRA NETO, F. et al. Sombreamento para produção de mudas de alface em alta temperatura e ampla luminosidade. Horticultura Brasileira, 2005, vol.23, n.1, pp. 133-137, 2011.

Ministério da Educação. Conselho da Educação Superior. Institui as diretrizes curriculares nacionais para o curso de graduação em engenharia agrícola e dá outras providências. Resolução n. 2, de 2 de fevereiro de 2006. Disponível em: < http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rces02_06.pdf > Acesso em: 22/10/2010.

BRITO, A.A. Casas de vegetação com diferentes coberturas: desempenho em condições de verão. 2000. 83 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

BRITO, L.T. DE L. et al. Alternativa tecnológica para aumentar a disponibilidade de água no semi-árido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola. Ambiental, Campina Grande, v.3, n.1, p.111-115, 1999.

CASTRO, E.M. et al. Crescimento e anatomia foliar de plantas jovens de Mikania Glomerata Springe (Guaco), submetida a diferentes fotoperíodos. Ciências Agrotécnicas, Lavras, v. 27, n 26, p. 1293-1393, 2003.

CONCEIÇÃO, M.K; LOPES, N.F; FONTES, G.R.L. Análise de crescimento de plantas de batata-doce (ipomoea batata (CL) LAM) cultivares Abóbora e Da Costa. Revista Brasileira de Agrociências, Pelotas, v. 11, n. 3, p. 275-278, 2005.

CUNHA, J.E.B; RUFINO, I.A.A; IDEIÃO, S.M.S. Determinação da temperatura de superfície na cidade de Campina Grande-PB a partir do de imagens do Satélite LANDSAT 5-TM. XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Anais, INPE, 2009, p. 5717-5724.

DAREZZO, R.J. et al. Cultivo em ambiente protegido: histórico, tecnologias e perspectivas. In: AGUIAR, R.L. (Org.). Cultivo em ambiente protegido: histórico, tecnologia e perspectivas. Viçosa: UFV; DFT, 2004.

DEMENSTEIN, L. Economia. *JC online* Disponível em: <http://www2.uol.com.br/JC/_1998/1507/ec1507c.htm> Acesso em: 4/12/2007.

RADIN, Bernadete et al. Crescimento de cultivares de alface conduzidas em estufa e a campo. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 22, n. 2, Jun 2004.

FELTRIM, Anderson L. et al. Produção de alface americana em solo e em hidroponia, no inverno e verão, em Jaboticabal, SP. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* 2005, vol.9, n.4, pp. 505-509, 2011.

GIULIETTI, A.M.; QUEIROZ, L.P. Rumo ao Amplo Conhecimento da Biodiversidade do SemiÁrido Brasileiro. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos/MCT, 2006.

GOTO, R. Ambiente protegido no Brasil: histórico e perspectivas. In: AGUIAR, R.L. (Org.). *Cultivo em ambiente protegido: histórico, tecnologia e perspectivas*. Viçosa: UFV; DFT, 2004.

HERRMANN, J.C; KINETZ, S.R.R; ELSNER, T.C. Alface. Disponível em: <<http://www.projetos.unijui.edu.br/matematica/modelagem/alface/index.html>> Acessado em: 20/02/2010.

OLIVEIRA, L.C. et al. Cultivo de alface com proteção de agrotêxtil em condições e altas temperaturas e luminosidade. *Caatinga*, Mossoró, v.19, n. 2, p. 112-116, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO E GEOGRÁFICO. *Senso agropecuário 2006*. Disponível em: <www.ibge.gov.br> Acesso em: 12/10/2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo Agropecuário – 2006*. Disponível em: <[HTTP://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=pb&tema=Censoagro/](http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=pb&tema=Censoagro/)> Acesso em: 30/09/2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo demográfico – 2000*. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1993&z=t&o=23&i=P>> Acesso em: 30/09/2009.

LARANJEIRAS, E.G. *Modelo Computacional para Supervisão e Controle de Casas de Vegetação*. 2005. 94 p. Dissertação (Mestrado em engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2005.

LIMA, M.E. *Avaliação do desempenho de cultura da alface (Lactuca Sativa) cultivada em sistema orgânico de produção, sob diferentes lâminas de irrigação e cobertura de solo*. 2007, 92p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

OLIVEIRA, R.M. *Agricultura e pecuária*. TECPAR- Instituto de Tecnologia do Paraná/MCT/Sistema Brasileiro de Respostas Técnicas, 2005, p.1-10, relatório técnico.

OILVEIRA, S.K. L. et al. Cultivo de alface com proteção de agrotêxtil em condições em altas temperaturas e luminosidade. *Caatinga*, Mossoró, v.19, n.2, p.112-116, 2006.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, MG (Coord.) Fisiologia Vegetal. São Paulo: EPU, ed. da Universidade de São Paulo, 1979, v. 1, cap. 8, p. 331-350.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL. O Semiárido. Ministério do Desenvolvimento Social. Disponível em: <<http://www.mds.gov.br>> Acesso em: 4/12/2007.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL/Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. Nova delimitação do semiárido brasileiro. Cartilha, Brasília, DF, 2005, 35 p. REDIG, J. Sentido do design. Rio de Janeiro: Imprinta, 92 p., 1983.

RADIN, Bernadete et al . Crescimento de cultivares de alface conduzidas em estufa e a campo. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 22, n. 2, 07/Fev/2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362004000200003&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 07/Fev/2012.

REIS, N.B.R. Construção de estufas para produção de hortaliças nas regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste. Brasília, Circular Técnica, n.38, EMBRAPA, dez. 2005.

RODRIGUES, D.F.B. Estudo da variabilidade da qualidade da água subterrânea em aluviões no município de Pesqueira-PE. X Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX 2010 – UFPE, Recife, 18 a 22 outubro de 2010.

SANDRI, D; MATSUKA, EE; TESTEZLAF, R. Teores de nutrientes na alface irrigada com água residuária aplicad por sistema de irrigação. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.26, n.1, p. 45-57, jan-abr 2006.

SANTANA, C.V.; ALMEIDA, A.C.; TURCO, S.H.N. Desempenho de cultivares de alface americana em ambientes sombreados na região do Submedio São Francisco-BA. Caatinga, Mossoró, v.22, n.4, p.60-64, 2009.

TIBIRIÇÁ, A.C.G; BRITO, A.A.A; BAÊTA, F.C. Produção de alface no verão: estudo como ambiente de cultivo. In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Florianópolis: ABEPRO, 2004. P. 418-425.

ZOLNIER, S. Construção do ambiente protegido. In: AGUIAR, R.L. (Org.). Cultivo em ambiente protegido: histórico, tecnologia e perspectivas. Viçosa: UFV; DFT, 2004.

APÊNDICE

Tabela 15 - Quadro de Análise de Variância da Altura da Planta (AP).

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	2080.52778	1040.26389	14.3338 **
Blocos	3	9738.27778	1947.65556	26.8368 **
Trat x Bloc	6	1305.30556	130.53056	1.7986 ns
Resíduo	60	3919.00000	72.57407	
Total	71	17043.11111		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = < p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
2	54	5.0221	14.3338	<0.001
5	54	3.3778	26.8368	<0.001
10	54	2.0114	1.7986	0.083

Tabela 16 - Quadro de Análise de Variância da Largura do Dossel (LD).

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	1395.86111	697.93056	46.3143 **
Blocos	3	3168.56944	633.71389	42.0529 **
Trat x Bloc	6	109.80556	10.98056	0.7287 ns
Resíduo	60	813.75000	15.06944	
Total	71	5487.98611		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = < p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
2	54	5.0221	46.3143	<0.001
5	54	3.3778	42.0529	<0.001
10	54	0.3109	0.7287	>0.050

Tabela 17 - Quadro de Análise de Variância do Número de Folhas (NF).

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	142.86111	71.43056	1.2301 ns
Blocos	3	7782.56944	1556.51389	26.8044 **
Trat x Bloc	6	522.13889	52.21389	0.8992 ns
Resíduo	60	3135.75000	58.06944	
Total	71	11583.31944		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = < p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
2	54	3.1685	1.2301	0.3003
5	54	3.3778	26.8044	<0.001
10	54	0.3109	0.8992	>0.050

Tabela 18 - Quadro de

Tabela 19 - Análise de Variância da Área Foliar (AF).

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	38316261.59779	19158130.7989	12.9091 **
Blocos	3	238756341.8685	47751268.3737	32.1757 **
Trat x Bloc	6	27776372.03573	2777637.20357	1.8716 ns
Resíduo	60	80140176.44935	1484077.34165	
Total	71	384989151.9514		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
2	54	5.0221	12.9091	<0.001
5	54	3.3778	32.1757	<0.001
10	54	2.0114	1.8716	0.0699

Tabela 20 - Quadro de Análise de Variância da Massa Fresca (MF).

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	15467.41924	7733.70962	1.3201 ns
Blocos	5	743160.13239	148632.02648	25.3704 **
Trat x Bloc	10	55832.78731	5583.27873	0.9530 ns
Resíduo	54	316358.52553	5858.49121	
Total	71	1130818.86447		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
2	54	3.1685	1.3201	0.2756
5	54	3.3778	25.3704	<0.001
10	54	0.3109	0.953	>0.050

Tabela 21 - Quadro de Análise de Variância da Massa Seca (MS).

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	83.48283	41.74141	2.5388 ns
Blocos	5	1907.09337	381.41867	23.1984 **
Trat x Bloc	10	165.74906	16.57491	1.0081 ns
Resíduo	54	887.84695	16.44161	
Total	71	3044.17220		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
2	54	3.1685	2.5388	0.0884
5	54	3.3778	23.1984	<0.001
10	54	2.0114	1.0081	0.4488