

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

**CARGA DE VENTO ATUANTE EM UMA ESTUFA AGRÍCOLA NO MUNICÍPIO DE
ALEGRETE - RS**

CARLOS ALEXANDRE DA CONCEIÇÃO

Alegrete, 2022

CARLOS ALEXANDRE DA CONCEIÇÃO

**CARGA DE VENTO ATUANTE EM UMA ESTUFA AGRÍCOLA NO MUNICÍPIO DE
ALEGRETE - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientador: José Gabriel Vieira Neto

Alegrete
2022

CARLOS ALEXANDRE DA CONCEIÇÃO

CARGA DE VENTO ATUANTE EM UMA ESTUFA AGRÍCOLA NO MUNICÍPIO DE ALEGRETE - RS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Trabalho defendido e aprovado em: 10 de março de 2022.

Banca examinadora:

Prof. Dr. José Gabriel Vieira Neto

Orientador

(UNIPAMPA)

Profa. Dra. Eracilda Fontanela

(UNIPAMPA)

Profa. Dra. Fátima Cibele Soares

(UNIPAMPA)



Assinado eletronicamente por **JOSE GABRIEL VIEIRA NETO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 10/03/2022, às 12:42, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

Assinado eletronicamente por **ERACILDA FONTANELA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em



16/03/2022, às 11:32, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **FATIMA CIBELE SOARES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/03/2022, às 13:06, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0750068** e o código CRC **8F5A1CCD**.

RESUMO

A agricultura no Brasil é, historicamente, uma das principais bases da economia do país, e necessita de investimento e diversificação nos tipos de sistema de produção, possibilitando gerar renda e subsistência a produtores rurais, a fim de acompanhar o desenvolvimento do setor agrícola cada vez mais competitivo. Neste trabalho, foi realizado um estudo sobre a carga atuante em uma estufa agrícola, devido principalmente à ação do vento, à partir de uma estrutura instalada na cidade de Alegrete – RS, especificamente no Campus da Universidade Federal do Pampa, que possui avarias recorrentes causadas pela ação do vento, buscando verificar, desta forma, os esforços solicitantes devido às ações estáticas do vento, de acordo com as normas brasileira de ações do vento nas estruturas - ABNT NBR 6123 (1988) e a norma específica de estufas agrícolas - ABNT NBR 16032 (2012). Com isso, foram analisadas características da construção já instalada, métodos construtivos, situação de sua implantação no local e aspectos do clima e terreno local. Foram realizados estudos e a análise da estrutura da estufa agrícola em arco, encontrando a pressão de obstrução, a partir da velocidade característica, o que possibilitou verificar os coeficientes de pressão total, coeficiente de pressão interna e coeficientes de pressão externo, pelas normas existentes, a fim de realizar a comparação dos resultados encontrados. Foi possível verificar que a norma ABNT NBR 6123 (1988), resultou em valores de carga final maiores em relação a NBR 16032 (2012), na maioria dos pontos, chegando a 531 kgf.m^{-1} em locais específicos do telhado da estufa (para vento oblíquo), enquanto a norma específica de estufas resultou em aproximadamente 372 kgf.m^{-1} para mesma região.

Palavras-chave: Cultivo protegido, ação do vento, estruturas, construções rurais.

ABSTRACT

Agriculture in Brazil is, historically, one of the main bases of the country's economy, and needs investment and diversification in the types of production system, enabling income generation and subsistence to rural producers, in order to keep up with the development of the increasingly competitive agricultural sector. In this work, a study was performed on the load acting on an agricultural greenhouse, mainly due to the wind action, from a structure installed in the city of Alegrete - RS, specifically on the campus of the Universidade Federal do Pampa, which has recurrent failures caused by the wind action, seeking to verify, in this way, the requesting efforts due to the static wind actions, according to the Brazilian standards of wind actions on structures - ABNT NBR 6123 (1988) and the specific standard for agricultural greenhouses - NBR 16032 (2012). With this, it was analyzed characteristics of the already installed rural construction, construction methods, situation of its implementation on site and aspects of the local climate and terrain. Studies and analysis of the agricultural greenhouse arch structure were carried out, finding the obstruction pressure, from the characteristic velocity, which made it possible to verify the total pressure coefficients, internal pressure coefficient and external pressure coefficients, by the existing standards, in order to perform the comparison of the results found. It was possible to verify that the ABNT NBR 6123 (1988) standard, resulted in higher ultimate load values compared to NBR 16032 (2012), at most points, reaching 531 kgf.m^{-1} at specific locations on the greenhouse roof (for oblique wind), while the specific greenhouse standard resulted in approximately 372 kgf.m^{-1} for the same region.

Keywords: Protected cultivation, wind action, structures, rural buildings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Implantação de cultivo protegido para produção de morangos.....	14
Figura 2 – Casa de vegetação modelo capela – pavilhão único.....	16
Figura 3 – Casa de vegetação modelo capela – pavilhão.....	16
Figura 4 – Casa de vegetação modelo assimétrico.....	17
Figura 5 – casa de vegetação modelo arco.....	18
Figura 6 – Casa de vegetação modelo plano.....	19
Figura 7 – Casa de vegetação modelo dente de serra “Shed”.....	19
Figura 8 – Casa de vegetação modelo túnel baixo.....	20
Figura 9 – Implantação de cultivo protegido modelo túnel alto.....	21
Figura 10 – Gráfico das isopletas de velocidade básica do vento V_0 (m/s).....	23
Figura 11 - Fator topográfico S_1	24
Figura 12 – Zonas teto curvados e laterais de estufas constituídas de um só vão, com calha $h/s \geq 0,2$	34
Figura 13 – Estufas instaladas na Unipampa, campus Alegrete.....	36
Figura 14 – Estufa agrícola pré-fabricada.....	37
Figura 15 – Planta baixa e corte da estufa.....	37
Figura 16 – Situação e localização em relação a sua implantação.....	39
Figura 17 – Resultados de C_{Pe} nas paredes laterais.....	42
Figura 18 – Resultados de C_{Pe} na cobertura.....	43
Figura 19 - Situações de C_{pi} e C_{pe} nos arcos (cobertura).....	44
Figura 20 - Situações de C_{pi} e C_{pe} nos arcos (cobertura).....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetro meteorológico.	28
Tabela 2 – Fator S_2	29
Tabela 3 – Valores mínimos de fator estatístico S_3	30
Tabela 4 – Coeficientes de pressão e de forma, externos, para paredes de edificações de planta retangular.	31
Tabela 5 – Coeficientes de pressão externa C_{Pe}	32
Tabela 6 – Coeficientes de pressão externa C_{Pe}	34
Tabela 7 – Coeficientes de pressão externa C_{Pi}	35
Tabela 8 - Resultados de C_{Pe} nas paredes laterais	41
Tabela 9 - Resultados de CP e cargas de vento F, na parede.	42
Tabela 10 - Resultados de C_{Pe} da cobertura	43
Tabela 11 - Resultados de CP e cargas de vento F, na cobertura.	44
Tabela 12 - Resultados de CP e cargas de vento F.	46

LISTA DE ABREVIATURAS

cap. – capítulo

C_{Pe} – Coeficientes de pressão externa

C_{Pi} – Coeficientes de pressão interna

cm – centímetros

col. – colaborador

color – colorido

coord. – coordenador

CP – Coeficientes de pressão

f. – folha

F – Carga de vento

Fig. – Figura

il. Ilustrado

m – metros

n. – número

org. – organizador

p. – página

q – Pressão dinâmica ou de obstrução, q

Tab. – Tabela

v. – volume

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAC - Cooperativa Agrícola de Cotia
CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento CONAB
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO - Organização para Alimentos e Agricultura
NBR – Norma Brasileira Regulamentadora
ONU – Organização das Nações Unidas
PRONAF - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
RS - Rio Grande do Sul
UFMS – Universidade Federal de Santa Maria
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UNESP - Universidade Estadual Paulista
UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa
VUP – Vida útil de projeto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivo Geral.....	11
1.2 Objetivo Específico	11
1.3 Justificativa	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 Estufas agrícolas no Brasil e no mundo e produção em ambiente protegido	12
2.2 Estufas agrícolas no município de Alegrete.....	14
2.3 Modelos de casas de vegetação (estufas agrícolas)	15
2.3.1 Modelo capela	15
2.3.2 Modelo assimétrico	17
2.3.3 Modelo arco.....	17
2.3.4 Modelo plano.....	18
2.3.5 Modelo ‘dente de serra’ ou ‘Shed’	19
2.3.6 Modelo túnel baixo	20
2.3.7 Modelo túnel alto	20
2.4 Ação do vento nas estufas.....	21
2.4.1 Considerações da ABNT NBR 6123/1988.....	21
2.4.1.1 Velocidade característica do vento, V_k	21
2.4.1.2 Velocidade básica do vento, V_0	22
2.4.1.3 Fator topográfico, S_1	23
2.4.1.4 Fator de rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura sobre terreno, S_2	25
2.4.1.5 Fator estatístico, S_3	29
2.4.1.6 Pressão dinâmica ou de obstrução, q	30
2.4.1.7 Coeficiente de pressão e forma externa, C_{pe}	30
2.4.1.8 Coeficiente de pressão e forma interna C_{pi}	32
2.4.2 Considerações quanto a ABNT NBR 16032/2012.....	33
2.4.2.1 Coeficiente de pressão externa C_{pe}	33
2.4.2.2 Coeficiente de pressão interna C_{pi}	34
2.4.3 Coeficiente de pressão C_p	35
2.4.4 Carga de vento F	35
3 MATERIAL E MÉTODOS	36
3.1 Local e estufa do estudo	36

3.2	Determinação das forças atuantes na estufa devido ação do vento	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
4.1	Cálculos da pressão do vento	39
4.2	Levantamento de cargas atuantes utilizando a ABNT NBR 6123 (1988).....	41
4.3	Levantamento de cargas atuantes considerando a ABNT NBR 16032 (2012)....	45
4.4	Discussões sobre resultados obtidos pela ABNT NBR 6123 (1988) e ABNT NBR 16032 (2012)	46
5	CONCLUSÕES.....	48
	REFERÊNCIAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a fabricação de estufas agrícolas, em sua grande maioria, é feita com base na experiência de profissionais que prestam serviços, e/ou utilizam este sistema, gerando excessivo custo de material ou acidentes estruturais, por falta de conhecimento em normas como as publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, através da Norma Brasileira de Regulamentação - NBR 16032 (2012) e a ABNT NBR 6123 (1988).

A norma de estufas agrícolas no Brasil ABNT NBR (16032) foi publicada no final do ano de 2012, entrando em vigência com a normatização da fabricação de estufas no país. A norma brasileira foi elaborada tendo por base a norma Europeia EN 13031-1 (2001). Em 2019, a norma europeia foi atualizada, passando a ser vigente como EN 13031-1 (2019). Anteriormente a publicação da norma específica de estufas no Brasil, os projetistas tinham que ter base outras normas em conjunto, como a ABNT NBR 6123 (1988) para ação dos ventos, a ABNT NBR 8800 (2008) para estruturas metálicas, a ABNT NBR 6118 (2014) para estruturas de concreto, e outras, conforme especificidade dos materiais construtivos.

No Brasil, pesquisadores têm buscado estudar a aplicação da norma ABNT NBR 16032 (2012), com base em modelos fabricados em âmbito nacional e pela experiência de fabricantes nacionais. Os estudos sugerem que os projetos praticados no Brasil devem ser otimizados, tendo em vista a diferença climática e particularidades construtivas do país em relação a Europa (VIEIRA NETO; SORIANO, 2020).

A tecnologia empregada nestas estruturas está em fase de expansão e, com isso, tornam-se necessários estudos que criem melhorias que facilitem na identificação de problemas, desde a fase de projeto, execução, até o uso destas estruturas pelos produtores rurais. Cada vez mais tecnologia de alto custo está sendo empregada no interior destas estufas, e assim, se faz necessário ter segurança estrutural, para garantir o funcionamento dos equipamentos, bem como otimização na produção agrícola.

1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo analisar os esforços causados pelo vento em uma estufa agrícola, verificando os coeficientes aerodinâmicos obtidos pelas normas ABNT NBR 6123 (1988) e ABNT NBR 16032 (2012), visando a comparação dos resultados entre as normas.

1.2 Objetivo Específico

- Realizar um levantamento sobre os principais tipos de estufas agrícolas utilizados no Brasil;
- Verificar modelos e resultados de estruturas já calculadas e sua aplicação quanto as normas ABNT NBR 6123 (1988) e ABNT NBR 16032 (2012), verificando suas tipologias e sequência de cálculo.
- Realizar levantamento de dados de uma construção já instalada, verificando seus aspectos construtivos, localização e características regionais para análise de fatores para obtenção da velocidade característica.
- Avaliar e comparar os resultados encontrados de esforços do vento, representando os coeficientes de pressão, a fim de comparando os esforços do vento obtido pelos normas brasileiras em vigor.

1.3 Justificativa

Devido a recorrentes ocorrências de danos causados pelos ventos nas estufas localizadas nas intermediações da Unipampa, Campus Alegrete, realizou-se este estudo para estimar a carga de vento de projetos, preconizada pelas normas ABNT NBR 6123 (1988) e ABNT NBR 16032 (2012), relativos à ação de ventos nas estruturas e projetos de estufas agrícolas, respectivamente. Essa carga de vento estimada, poderá colaborar para projetos futuros, bem como, para adequação das instalações existentes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Estufas agrícolas no Brasil e no mundo e produção em ambiente protegido

Conforme Vieira Neto (2019), as áreas com implantação de estufas agrícolas têm aumentado mundialmente nas últimas duas décadas, com a liderança de países, tais como, a China com mais de 3 milhões de hectares, Espanha com mais de 70 mil hectares e Coréia do Sul com 47 mil hectares. O Brasil não está entre os países com as maiores áreas de cultivo protegido construídas mundialmente, apesar disso, já ocupa a primeira posição na América Latina, possuindo uma área de agricultura sob ambiente protegido, estimada em mais de 30 mil hectares, principalmente ao redor de grandes centros urbanos, (EMBRAPA, 2019).

Com o aumento da demanda mundial por alimentos, conforme destaca a ONU (2012), torna-se necessário estudos direcionados ao aumento da produção agrícola, desde projetos, instalação de construções rurais e aprimoramento tecnológico que englobam as mais diversas áreas da engenharia, desde a agrícola, agrônômica, civil, mecânica e elétrica. Esta crescente demanda por alimentos, está possibilitando um aumento na produção em pequenas unidades produtoras, conhecidas como agricultura familiar.

Para Vieira Neto (2019), as áreas com implantação de estufas agrícolas têm aumentado mundialmente nas últimas duas décadas, sendo verificado nas últimas duas décadas, liderança de países, tais como, a China com mais de 3 milhões de hectares e a Espanha com mais de 70 mil hectares.

No Brasil, em 1996, foi criado o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), principal política de incentivo ao setor, cuja finalidade é promover o desenvolvimento sustentável do segmento rural constituído pelos agricultores e seus familiares, de modo a propiciar-lhes o aumento da capacidade produtiva, a geração de empregos e a melhoria de renda. Segundo a Lei nº 1946, de 28 de junho de 2006 (BRASIL, 2006) e a Lei da Agricultura Familiar (BRASIL, 2006), para um estabelecimento ser considerado de agricultura familiar, sua área deve ser

de aproximadamente quatro módulos fiscais¹, e a renda familiar deve ser predominantemente originada das atividades vinculadas ao próprio estabelecimento.

Conforme pesquisas realizadas por Brandão et al. (2018), verifica-se que no Brasil, as primeiras iniciativas no cultivo protegido, com finalidade comercial, datam do final da década de 70. Em seu trabalho, relatou que em 1978, a extinta Cooperativa Agrícola de Cotia (CAC) implementou uma área experimental na região conhecida como Cinturão Verde de São Paulo, com a objetivo de produzir pepinos em ambiente protegido, com superfície coberta de 100 m², que após o período de 10 anos atingiu uma área superior a 561.800 m², em diferentes regiões produtoras, demonstrando o sucesso do empreendimento.

Grande et al. (2003), durante sua pesquisa, constatou que, na região de Uberlândia-MG, houve interesse pelo cultivo protegido, inicialmente, tanto por parte de produtores experientes em cultivo de hortaliças, como também de outros, com pouca experiência agrícola, sem apoio técnico. Para Goto e Tivelli (1998), estes produtores entraram neste tipo de atividade após observar, através da mídia, propagandas sobre a não utilização de defensivos agrícolas, o que traria maior garantia de um retorno líquido e produtividade.

Menegaes et al. (2015), visando maior rentabilidade e ganhos de produção, destacam a produção hidropônica realizada em ambiente protegido (estufa) tendo uma produção durante todo o ano, realizando um trabalho com hidroponia, no sistema NFT ("*Nutrient Film Technique*"), que é uma técnica de produção agrícola adequada às exigências de alta qualidade e produtividade com o mínimo desperdício de água e nutrientes. Destaca este sistema de cultivo por proporcionar maior rendimento de massa verde e qualidade da produção, bem como a menor ocorrência de doenças.

Nejeliski & Mello. (2013) ao analisar as estruturas para cultivo protegido de hortaliças utilizadas na cidade de Santa Maria e região, constatou que a maioria dos produtores utilizavam estruturas artesanais, muitas vezes inadequadas às suas necessidades, por falta de instalações industriais adequadas. Com base nas informações coletadas, foi projetada uma estrutura modelo túnel baixo, com cobertura

¹ Segundo a Lei 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, o **módulo fiscal** varia de acordo com cada município em hectares, cujo valor é fixado pelo INCRA levando-se em conta uma série de fatores, como: tipo de exploração predominante no município (hortifrutigranjeira, cultura permanente, cultura temporária, pecuária ou florestal), renda obtida no tipo de exploração predominante, etc.

em polietileno de baixa densidade (PEBD), esteios de madeira e arcos metálicos com design moderno, de fácil construção, a fim de auxiliar no desenvolvimento regional.

2.2 Estufas agrícolas no município de Alegrete

Em noticiário local, publicado em 2014 em rede web, o município de Alegrete, através da Secretaria de Agricultura e Pecuária, iniciou um trabalho, no ano de 2014, cedendo parte do material para a construção de casas de vegetação, conhecidas popularmente como de “estufas”, para serem utilizadas na produção de diversas variedades de hortifrutigranjeiros. Estas estufas do tipo túnel (Figura 1) possuíam dimensões de 50 m x 15 m e destinavam aos pequenos produtores rurais, possibilitando que pudessem aumentar sua produtividade e gerar renda em suas propriedades.

Figura 1 – Implantação de cultivo protegido para produção de morangos.



Fonte: O autor (2020).

A primeira estufa foi construída na localidade do Caverá (PREFEITURA DE ALEGRETE, 2020), destinada para produzir gêneros hortifrutí como: rúcula, alface, abóbora de tronco e pepino, os quais eram direcionados à merenda escolar municipal. Após o início deste projeto, em Alegrete, em 2014, não foram mais coletados dados

sobre a situação atual e total de estufas implantadas na cidade, necessitando de pesquisa e estudos que possibilitem fornecer dados a respeito deste tipo de construção.

Todas as construções têm um ciclo de vida útil, o qual pode variar dependendo de fatores de projeto, ou executivos, por exemplo, a durabilidade dos materiais empregados na construção, das condições de exposição e uso do mesmo e a existência de uma manutenção periódica. Estas informações repassadas aos produtores podem auxiliar na implantação destas construções, reduzindo custos, possibilitando a busca por créditos em instituições financeiras e aumentando sua produtividade e, por conseguinte, a renda.

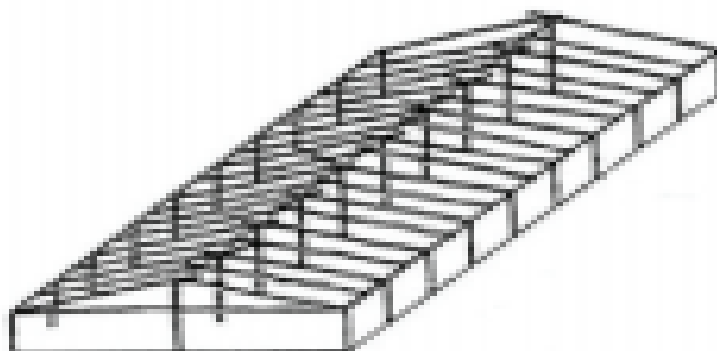
2.3 Modelos de casas de vegetação (estufas agrícolas)

A seguir serão descritos alguns modelos de casas de vegetação pesquisados, que segundo vários autores, são os mais encontrados no Brasil:

2.3.1 Modelo capela

Este tipo de construção é bastante utilizado pelos agricultores, apresentando teto plano e simétrico, formado por duas águas. Brandão et al. (2018) apresentam em seu trabalho alguns modelos construídos em pavilhão único (Figura 2). Estas construções possuem teto construído com inclinação entre 20° e 30°, de modo a permitir o escoamento da água de chuva e adequada transmissividade da radiação solar. Seu fechamento normalmente é realizado em filme plástico, vidro ou madeira. Quanto aos materiais comumente utilizados em sua construção, podem ser em madeira, metálicas, PVC e/ou mistas.

Figura 2 – Casa de vegetação modelo capela – pavilhão único.

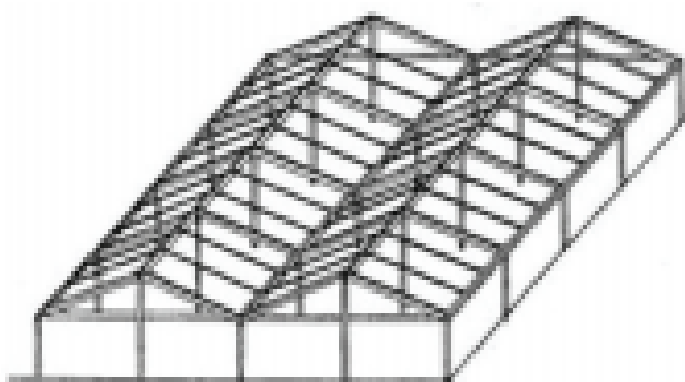


Fonte: Brandão et al. (2018).

Outro modelo muito utilizado e descrito por Brandão et al. (2018) é o tipo geminado (Figura 3), possuindo as mesmas especificações do pavilhão único, contudo, possuindo um aumentando na capacidade por utilizar uma maior área construída.

Este sistema possui possibilidade de ampliação e fácil manutenção, pelo seu formato e altura, o que possibilita acesso por implementos agrícolas.

Figura 3 – Casa de vegetação modelo capela – pavilhão.



Fonte: Brandão *et al.* (2018).

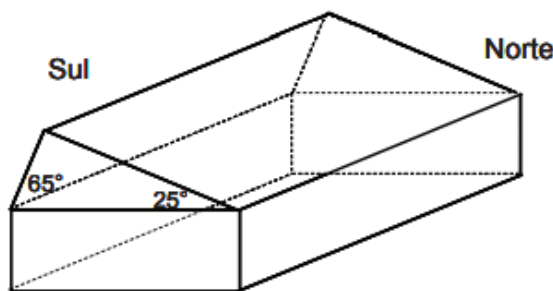
Os modelos de estufa ‘capela’ e ‘lean-to’ são apropriados para as condições climáticas da Amazônia. Para utilização do modelo ‘capela’ em condições de trópico

úmido e quente são adaptadas janelas do tipo advectiva em suas partes frontal e posterior (EMBRAPA, 2020).

2.3.2 Modelo assimétrico

Este modelo possui teto plano e assimétrico, em duas águas (Figura 4), diferenciando-se da modelo capela pela inclinação do telhado e formato arquitetônico. Brandão et al. (2018) explicam que o plano (ou água) com menor inclinação deve estar voltado para o norte, para melhor condição de luminosidade no interior do abrigo e informa que este tipo é mais comum em regiões com latitudes elevadas, como o sul do país. Segundo a Embrapa (2004) em regiões com condições climáticas adversas, tais como frio intenso, chuvas e ventos, este tipo de cobertura é muito importante para cultivos de produtos o ano inteiro, que é o caso dos estados do sul do Brasil.

Figura 4 – Casa de vegetação modelo assimétrico.



Fonte: Brandão *et al.* (2018).

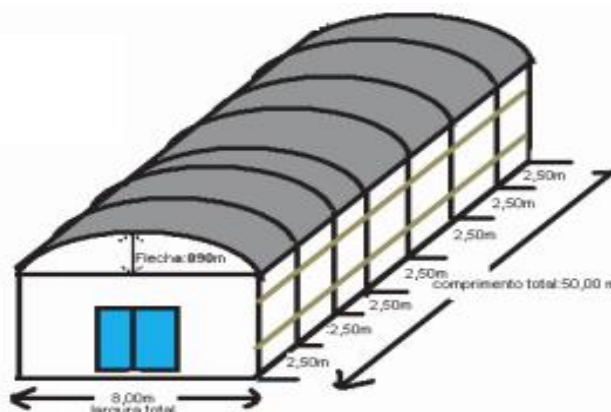
Este modelo assimétrico é indicado para locais que possuam maior inclinação solar, como no caso do Rio Grande do Sul e outros países mais afastados da linha do equador, como a China (Panwar *et al.*, 2011) com formas mais simétricas, que possui maior capacidade de absorção de radiação fotossinteticamente ativa.

2.3.3 Modelo arco

Esta construção apresenta um teto semicircular ou semielíptico e suas paredes são verticais. Conforme Brandão *et al.* (2018) pode ser construído em pavilhão único ou geminado, sendo bastante utilizado em todo o mundo, pois sua geometria de cobertura favorece a transmissão da radiação solar e o escoamento de água da chuva,

permitindo melhor acomodação e fixação do filme plástico. Em pesquisa da Embrapa (2020), verificou-se que este modelo de construção ‘teto em arco’ pode ser de construção industrial ou de construção artesanal usando conduítes de água de ferro galvanizados e de bitolas variáveis entre 1,5 e 3,5 cm de diâmetro e espessura de parede de 3,04 mm (Figura 5), muito utilizado na produção de hortaliças.

Figura 5 – casa de vegetação modelo arco.

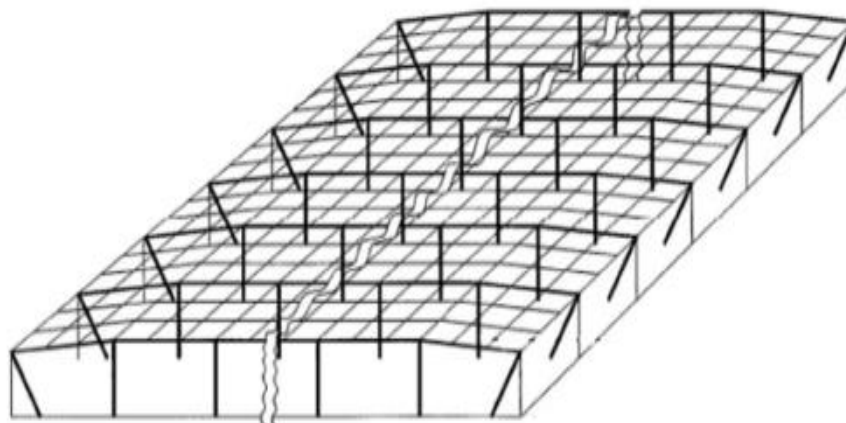


Fonte: EMBRAPA (2020).

2.3.4 Modelo plano

Este modelo possui características distintas, na qual Brandão et al. (2018) destaca que ficou conhecido por modelo Londrina, em alusão ao município onde foi bastante difundido por Londres, possuindo dimensões maiores, com múltiplos vãos e inclinação menor da cobertura, consistindo em uma variação do modelo parral, utilizado na região de Almeria, na Espanha. Este modelo é conhecido como “plano” por apresentar o teto com uma inclinação muito pequena e a estrutura de suporte do filme plástico ser constituída por uma malha de arame (Figura 6). Sua utilização não é adequada para as regiões com alta pluviosidade, pois pode ocasionar problemas quanto ao escoamento da água.

Figura 6 – Casa de vegetação modelo plano.

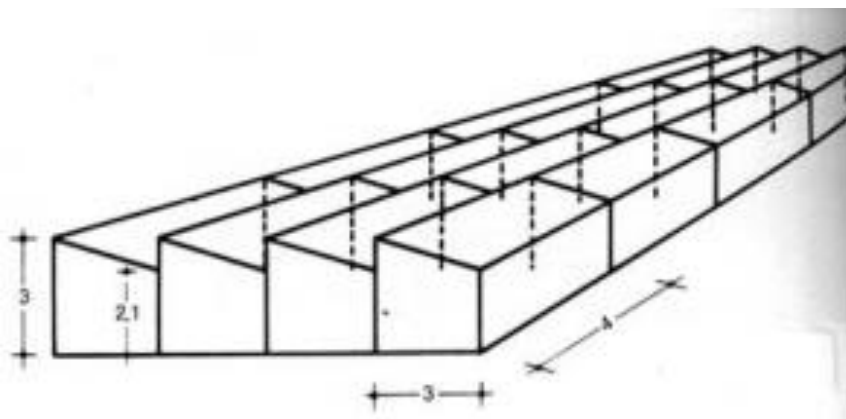


Fonte: Brandão et al. (2018).

2.3.5 Modelo ‘dente de serra’ ou ‘Shed’

De teto plano ou curvo, com vertentes desencontradas, tem abertura ao longo da cumeeira que funciona como ventilação zenital, podendo ser do tipo único ou germinado. Assim, a ventilação natural (ou passiva) tem a sua eficiência aumentada pela simultaneidade da ação dos ventos e do efeito chaminé (Brandão et al., 2018). Segundo a Embrapa (2020) este modelo, em sua essência, é um sistema ‘guarda-chuva’ (Figura 7), sendo por esta razão apropriado para locais onde o principal fator climático adverso é o excesso de pluviosidade, sendo de fácil instalação, quando montado em sistema de uma nave simples. Também pode ser instalado em módulo de naves conjugadas, em sistema de ‘dente-de-serrote’.

Figura 7 – Casa de vegetação modelo dente de serra “Shed”.

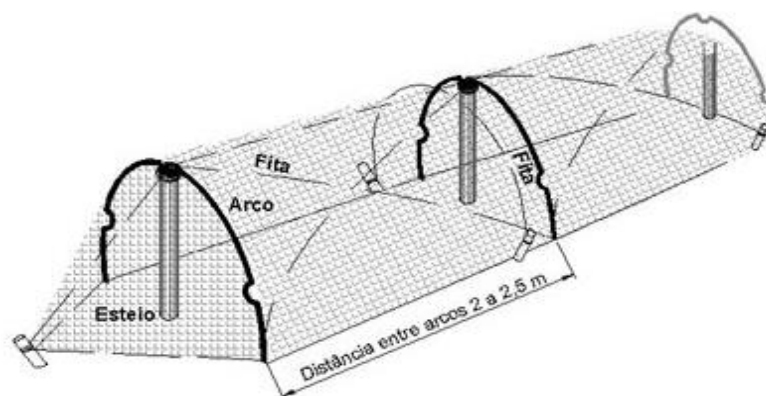


Fonte: EMBRAPA (2020).

2.3.6 Modelo túnel baixo

Conforme trabalho elaborado pela Embrapa (2005), verificou-se que os túneis baixos (Figura 8) devem ter altura mínima de 0,6 a 0,8 m, com distância entre arcos de 2 a 2,5 m, diâmetro do arco, em ferro galvanizado, deve ser de 5 mm de plástico de 50 a 100 micra. Este tipo de estrutura, necessita ter as extremidades dos esteios acolchoadas com plásticos usados de cor branca e a base do túnel deverá ser, de cada lado, 10 cm maior do que a base do canteiro e deve-se manter o filme plástico aberto na posição de descanso na altura de 30 a 40 cm, quanto à orientação dos canteiros.

Figura 8 – Casa de vegetação modelo túnel baixo

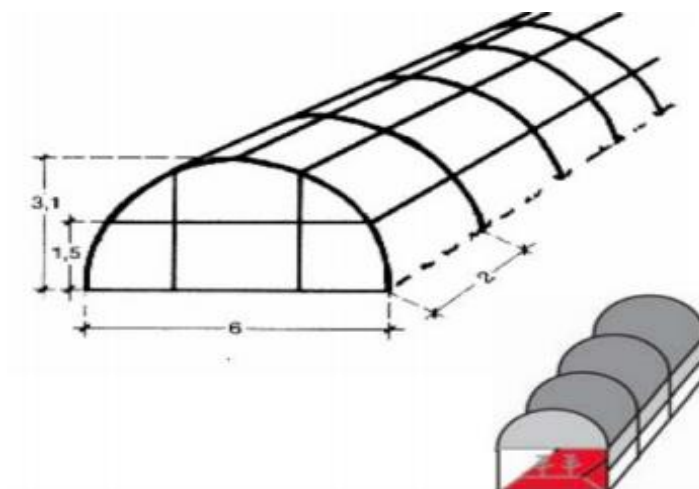


Fonte: Prado (2005)

2.3.7 Modelo túnel alto

Este tipo de construção (Figura 9) caracteriza-se por possuir paredes laterais e teto com formado em conjunto único de meio círculo (parábola). Para Dal'sotto (2014), este tipo de estrutura pode ser fabricado artesanalmente com canos de ferro galvanizado, podendo ser adquirida em forma de kit pré-fabricado que é vendido por empresas. Em se tratando da qualidade e resistência do material utilizado na estrutura, os semicírculos podem ser construídos com vãos maiores (Martinez et al., 2006). Este modelo pode ser construído de vários tipos de matérias, sendo que sua durabilidade depende de uma série de fatores a ser avaliada, como vento, tipo de uso e produção.

Figura 9 – Implantação de cultivo protegido modelo túnel alto.



Fonte: Dos Reis (2005).

2.4 Ação do vento nas estufas

O vento que age nas construções civis é obtido por meio de tratamentos estatísticos, dependendo da posição geográfica em uma determinada região do país, apresentado de forma gráfica pela norma ABNT NBR 6123 (1988). A partir destes dados, e, com uma combinação de fatores e coeficientes aerodinâmicos podemos encontrar os esforços atuantes, através da ABNT NBR 6123 (1988) e/ou ABNT NBR 16032 (2012), sendo esta última, específica para projetos de estufas agrícolas.

2.4.1 Considerações da ABNT NBR 6123/1988

Nos itens a seguir, apresenta-se a sequência de cálculo para determinação dos esforços solicitantes devido às ações estáticas do vento, de acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora de ações do vento nas estruturas, ABNT NBR 6123 (1988).

2.4.1.1 Velocidade característica do vento, V_k

Em conformidade com a ABNT NBR 6123 (1988), a velocidade característica do vento é determinada a partir da velocidade básica do vento V_0 , correspondente à

localização geográfica de estrutura a ser construída a estrutura. Esta é multiplicada pelos fatores S_1 (fator topográfico), S_2 (fator de rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura sobre o terreno) e S_3 (fator estatístico) para que possa então obter a velocidade característica do vento, V_k (m/s), (Equação 1):

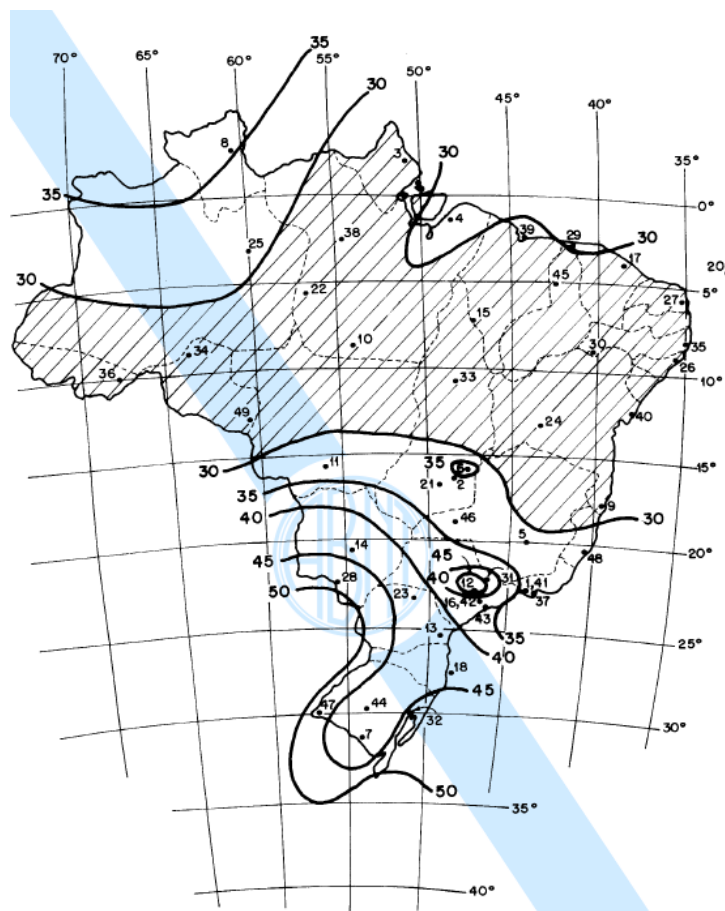
$$V_k = V_0 S_1 S_2 S_3 \quad (\text{equação 1})$$

De acordo com Carvalho & Pinheiro (2009), estes fatores são empregados de modo a adequar o valor da velocidade básica do vento, medida a partir de dados históricos de estações meteorológicas aeroportuárias, com a velocidade que provavelmente atuará na estrutura e questão.

2.4.1.2 Velocidade básica do vento, V_0

Esta velocidade básica corresponde à máxima velocidade média de uma rajada de três segundos de duração, excedida em média uma vez a cada 50 anos, a 10 metros acima do terreno, em campo aberto e plano. Adequada ao local onde a estrutura será construída, em referência a valores medidos próximo à região, a velocidade básica, V_0 (m/s), é determinada de acordo com o gráfico das isopleias (Figura. 10).

Figura 10 – Gráfico das isopletas de velocidade básica do vento V_0 (m/s).



Fonte: ABNT NBR 6123/1988 (ABNT, p.6).

2.4.1.3 Fator topográfico, S_1

De acordo com a ABNT NBR 6123 (1988) (p.5), o fator topográfico S_1 leva em consideração as características do relevo do terreno e é determinado em conformidade com as seguintes hipóteses:

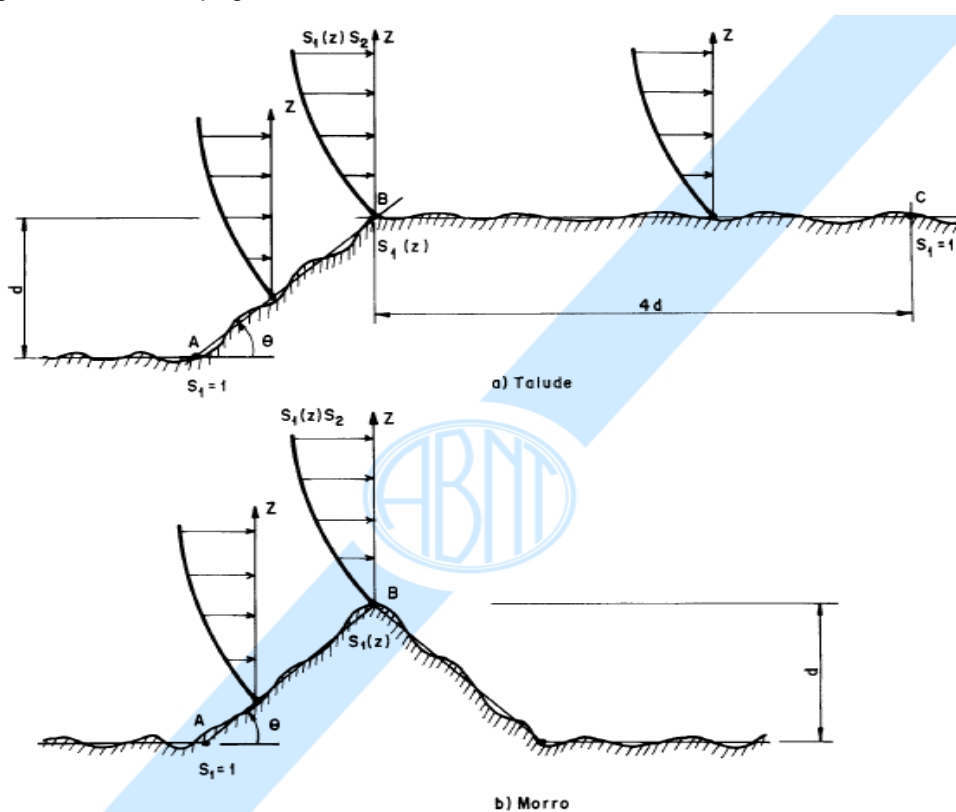
- a) Terrenos planos ou fracamente acidentados: $S_1 = 1$;
- b) Taludes e morros, necessário verificar S_1 , onde:

Admitem-se as seguintes aproximações de incidência de ventos em fluxo de ar bidimensional (Fig. 11):

- $S_1 = 1,0$ em pontos correspondentes ao pé de talude ou morro, ponto A, e no topo do talude a uma distância da crista superior a 4 vezes a dimensão da diferença de nível entre a base e o topo (d), ponto C, conforme ilustrado.

- $S_1 = 1,0$ é dado em função da altura z, medida a partir da superfície do terreno no ponto considerado, quando situado as possibilidades de inclinação do talude ou encosta do morro (θ) e a diferença de nível entre a base e o topo do talude ou morro (d).

Figura 11 - Fator topográfico S_1 .



Fonte ABNT NBR 6123/1988 (ABNT, p.7).

Se: $\theta \leq 3^\circ$, então: $S_1(z) = 1,0$;

Se: $6^\circ \leq \theta \leq 17^\circ$, então:

$$S_1(z) = 1,0 + \left(2,5 - \frac{z}{d}\right) \operatorname{tg}(\theta - 3^\circ) \geq 1$$

Se: $\theta \leq 45^\circ$, então:

$$S_1(z) = 1,0 + \left(2,5 - \frac{z}{d}\right) 0,31 \geq 1$$

O fator S_1 para os ângulos compreendidos entre $3^\circ < \theta < 6^\circ$ e $17^\circ < \theta < 45^\circ$ é obtido mediante interpolação linear. Entre os pontos A e B (morros e taludes) e B e C (taludes), idem.

c) Valores profundos, protegidos de ventos de qualquer direção: $S_1 = 0,9$.

Os valores indicados para os itens b) e c) constituem uma primeira aproximação e devem ser utilizadas com precauções. A ABNT NBR 6123 (1988) (p.5) recomenda:

Se forma necessário um conhecimento mais preciso da influência de relevo, ou se a aplicação destas indicações se torna difícil pela complexidade do relevo, é recomendado o recurso a ensaios de modelos topográficos em túnel de vento ou as medidas anemométricas no próprio terreno.

2.4.1.4 Fator de rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura sobre terreno, S_2

O fator S_2 é dado pela combinação de efeitos da rugosidade do terreno, das dimensões da edificação, ou parte da edificação em consideração, e da variação da velocidade do vento com a altura relativa acima do térreo.

A ABNT NBR 6123 (1988) (p.8) classifica a rugosidade do terreno em cinco categorias, destacadas a seguir:

Categoria I: Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5 Km de extensão, medida na direção e sentido do vento incidente.

[...]

Categoria II: Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas.

[...]

A cota média do topo dos obstáculos é considerada inferior ou igual a 1,0 m.

Categoria III: Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas.

[...]

A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 3,0 m.

Categoria IV: Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizados.

[...]

A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10,0 m.

Esta categoria também inclui zonas com obstáculos maiores e que ainda não possam ser consideradas na categoria V.

Categoria V: terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados.

[...]

A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual ou superior a 25 m.

Em relação às dimensões da edificação tem-se as classes de edificação A, B e C, que determinam os intervalos de tempo de 3, 5 e 10 segundos, respectivamente, para o cálculo da velocidade média. De acordo com Blessman (1989), à medida que aumenta a distância abrangida pela rajada, aumenta o intervalo de tempo a usar no cálculo da velocidade e, conseqüentemente, diminui a velocidade característica do vento (pela diminuição do fator S_2).

As classes são descritas pela ABNT NBR 6123 (1988) (p.9) como:

Classe A: Todas as unidades de vedação, seus elementos de fixação e peças individuais de estruturas sem vedação. Toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m.

Classe B: Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20 m e 50 m.

Classe C: Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50 m.

Conforme a ABNT NBR 6123 (1988) (p.9), de um modo geral, é necessário considerar características ou estruturas que causem pouca ou nenhuma continuidade estrutural ao longo da edificação. Os exemplos são:

- Edificações com juntas que separem a estrutura em duas ou mais partes estruturalmente independentes;
- Edificações com pouca rigidez na direção perpendicular à direção do vento e, por isso, com pouca capacidade de redistribuição de carga.

De acordo com Blessmann (1989), “nestes casos a dimensão horizontal a considerar será a dimensão entre juntas de dilatação ou uma dimensão que o engenheiro estrutural definir como conveniente”.

A critério do projetista, podem ser consideradas categorias de rugosidade do terreno intermediárias, interpolando-se convenientemente os valores do parâmetro meteorológico, b , e o expoente da lei potencial de variação do fator S_2 , p , que serão descritos adiante.

Determinada a qual categoria (I a V) pertence à edificação, ou parte de edificação, bem como sua classe (A, B ou C), de acordo com suas dimensões, e conhecida à altura z acima do nível do terreno, o fator S_2 pode ser determinado por meio da equação 2:

$$S_2 = b F_r (z/10)^p \quad (\text{equação 2})$$

Os parâmetros que podem determinar o fator S_2 são definidos pela tabela de parâmetro meteorológico (Tabela 1). Deve-se observar que o fator de rajada F_r , segue sempre os valores referentes à categoria II. A expressão acima é aplicável até a altura z_g que define o contorno superior da camada limite atmosférica.

Tabela 1 - Parâmetro meteorológico.

Categoria	z_v (m)	Parâmetro	Classes		
			A	B	C
I	250	b	1,10	1,11	1,12
		p	0,06	0,065	0,07
II	300	b	1,00	1,00	1,00
		F_r	1,00	0,98	0,95
		p	0,085	0,09	0,10
III	350	b	0,94	0,94	0,93
		p	0,10	0,105	0,115
IV	420	b	0,86	0,85	0,84
		p	0,12	0,125	0,135
V	500	b	0,74	0,73	0,71
		p	0,15	0,16	0,175

Fonte ABNT NBR 6123/1988 (ABNT, p.9).

Na hipótese de maior dimensão, vertical ou horizontal, da superfície frontal de toda a edificação, ou de parte da edificação em estudo, exceder 80 metros, o intervalo de tempo, entre três segundos e uma hora, pode ser determinado de acordo com o Anexo A da ABNT NBR 6123 (1988) (p.42).

Para estudo de elementos de vedação, recomenda-se usar o fator S_2 correspondente ao topo da edificação, ou seja, altura z correspondente à altura de toda a edificação, ou de parte da edificação em estudo. “Esta recomendação é baseada no fato de que na fachada de barlavento e nas fachadas laterais o vento é defletido para baixo, com conseqüente aumento de pressão dinâmica na parte inferior da edificação” (ABNT NBR 6123, 1988 - p.9).

Em casos com diferentes categorias de rugosidade do terreno e classe de dimensões de edificação definidas nesta norma, há possibilidade de se obter os valores (Tabela 2), para determinação de S_2 para alturas diversas.

Tabela 2 – Fator S_2 .

z (m)	Categoria														
	I			II			III			IV			V		
	Classe			Classe			Classe			Classe			Classe		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
≤ 5	1,06	1,04	1,01	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82	0,79	0,76	0,73	0,74	0,72	0,67
10	1,10	1,09	1,06	1,00	0,98	0,95	0,94	0,92	0,88	0,86	0,83	0,80	0,74	0,72	0,67
15	1,13	1,12	1,09	1,04	1,02	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,88	0,84	0,79	0,76	0,72
20	1,15	1,14	1,12	1,06	1,04	1,02	1,01	0,99	0,96	0,93	0,91	0,88	0,82	0,80	0,76
30	1,17	1,17	1,15	1,10	1,08	1,06	1,05	1,03	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87	0,85	0,82
40	1,20	1,19	1,17	1,13	1,11	1,09	1,08	1,06	1,04	1,01	0,99	0,96	0,91	0,89	0,86
50	1,21	1,21	1,19	1,15	1,13	1,12	1,10	1,09	1,06	1,04	1,02	0,99	0,94	0,93	0,89
60	1,22	1,22	1,21	1,16	1,15	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,04	1,02	0,97	0,95	0,92
80	1,25	1,24	1,23	1,19	1,18	1,17	1,16	1,14	1,12	1,10	1,08	1,06	1,01	1,00	0,97
100	1,26	1,26	1,25	1,22	1,21	1,20	1,18	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,05	1,03	1,01
120	1,28	1,28	1,27	1,24	1,23	1,22	1,20	1,20	1,18	1,16	1,14	1,12	1,07	1,06	1,04
140	1,29	1,29	1,28	1,25	1,24	1,24	1,22	1,22	1,20	1,18	1,16	1,14	1,10	1,09	1,07
160	1,30	1,30	1,29	1,27	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,20	1,18	1,16	1,12	1,11	1,10
180	1,31	1,31	1,31	1,28	1,27	1,27	1,26	1,25	1,23	1,22	1,20	1,18	1,14	1,14	1,12
200	1,32	1,32	1,32	1,29	1,28	1,28	1,27	1,26	1,25	1,23	1,21	1,20	1,16	1,16	1,14
250	1,34	1,34	1,33	1,31	1,31	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25	1,23	1,20	1,20	1,18
300	-	-	-	1,34	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31	1,29	1,27	1,26	1,23	1,23	1,22
350	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,33	1,32	1,30	1,29	1,26	1,26	1,26
400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,32	1,32	1,29	1,29	1,29
420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,35	1,35	1,33	1,30	1,30	1,30
450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,32	1,32	1,32
500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,34

Fonte ABNT NBR 6123/1988 (ABNT, p.10).

2.4.1.5 Fator estatístico, S_3

Conforme a da ABNT NBR 6123 (1988) (p.10), “a velocidade básica V_0 é a velocidade do vento que apresenta um período de recorrência médio de 50 anos. A probabilidade de que a velocidade V_0 seja atingida neste período é de 63%”. Este nível de probabilidade e tempo de vida útil são considerados adequados para edificações normais, Grupo 2.

Esta norma indica os valores mínimos para o fator S_3 (Tabela 3), baseados em conceitos estatísticos e considerando o grau de segurança requerido e a vida útil da construção ou de suas partes.

Tabela 3 – Valores mínimos de fator estatístico S_3 .

Grupo	Descrição	S_3
1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.)	1,10
2	Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação	1,00
3	Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.)	0,95
4	Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.)	0,88
5	Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção	0,83

Fonte ABNT NBR 6123/1988 (ABNT, p.10).

Na ausência de uma norma específica sobre segurança, ou de indicações correspondentes na norma estrutural em uso, o Anexo B da ABNT NBR 6123 (1988) (p.45) apresenta valores para fator S_3 para níveis de probabilidade e para outros períodos de exposição à ação do vento. Cabe ao projetista fixar a probabilidade e a vida útil de acordo com as características da construção.

2.4.1.6 Pressão dinâmica ou de obstrução, q

De acordo com Carvalho & Pinheiro (2009, p.204), em condições normais de pressão (1 atm) e de temperatura (15°C), a pressão dinâmica que é exercida pela ação do vento sobre uma superfície, em N/m², corresponde a velocidade característica de vento V_k (m/s), determinada pela equação 3:


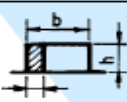

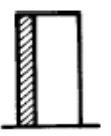
$$q = 0,613 V_k^2 \quad (\text{equação 3})$$

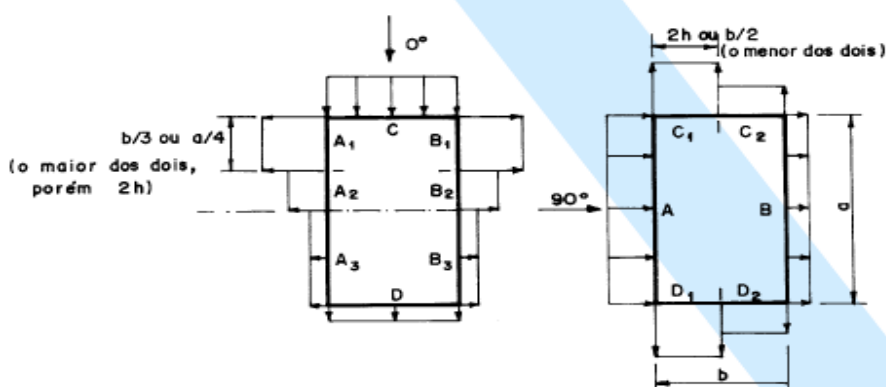
2.4.1.7 Coeficiente de pressão e forma externa, C_{pe}

Os valores de coeficientes de pressão e de forma, externo, dependem da localização dos pontos de separação do fluxo, dependendo da velocidade do vento, características da turbulência, dimensões e relação entre as dimensões da edificação, curvatura da superfície e sua rugosidade. Estes coeficientes, são apresentados na tabela 4, para variações críticas de vento, conforme é dado pela ABNT NBR 6123

(1988) (p.14), considerando variações de pressão consideráveis, subdivididos os coeficientes dados para cada uma das partes.

Tabela 4 – Coeficientes de pressão e de forma, externos, para paredes de edificações de planta retangular.

Altura relativa		Valores de C_{pe} para								C_{pe} médio 
		$\alpha = 0^\circ$				$\alpha = 90^\circ$				
		A_1 e B_1	A_2 e B_2	C	D	A	B	C_1 e D_1	C_2 e D_2	
 $0,2 b$ ou h (o menor dos dois) $\frac{h}{b} \leq \frac{1}{2}$	$1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$	-0,8	-0,5	+0,7	-0,4	+0,7	-0,4	-0,8	-0,4	-0,9
	$2 \leq \frac{a}{b} \leq 4$	-0,8	-0,4	+0,7	-0,3	+0,7	-0,5	-0,9	-0,5	-1,0
 $\frac{1}{2} < \frac{h}{b} \leq \frac{3}{2}$	$1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$	-0,9	-0,5	+0,7	-0,5	+0,7	-0,5	-0,9	-0,5	-1,1
	$2 \leq \frac{a}{b} \leq 4$	-0,9	-0,4	+0,7	-0,3	+0,7	-0,6	-0,9	-0,5	-1,1
 $\frac{3}{2} < \frac{h}{b} \leq 6$	$1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$	-1,0	-0,6	+0,8	-0,6	+0,8	-0,6	-1,0	-0,6	-1,2
	$2 \leq \frac{a}{b} \leq 4$	-1,0	-0,5	+0,8	-0,3	+0,8	-0,6	-1,0	-0,6	-1,2



Fonte: NBR 6123/1988(ABNT, p.14).

De acordo com a ABNT NBR 6123 (1988) (p.51), os coeficientes de pressão são baseados em ensaios realizados em fluxo aproximadamente uniforme e de baixa turbulência, com número de Reynolds subcrítico (Tabela 5).

Tabela 5 – Coeficientes de pressão externa C_{pe} .

f/l_2	h/l_2	c_{pe} para a parte					
		1	2	3	4	5	6
1/5	0	+0,3	-0,3	-0,6	-0,7	-0,6	-0,2
	1/8	-0,5	-0,5	-0,7	-0,7	-0,5	-0,2
	1/4	-0,9	-0,6	-0,8	-0,8	-0,4	-0,2
	1/2	-1,2	-0,7	-0,9	-0,8	-0,3	-0,2
	1	-1,4	-0,8	-0,9	-0,9	-0,4	-0,4
	5	-1,8	-1,0	-1,1	-1,2	-0,8	-0,7
1/10	1/8	-1,0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3
	1/4	-1,2	-0,5	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3
	1/2	-1,5	-1,0	-0,7	-0,5	-0,4	-0,3
	1	-1,6	-1,0	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3

Fonte: ABNT NBR 6123/1988 (ABNT, p.51).

2.4.1.8 Coeficiente de pressão e forma interna C_{pi}

Para os coeficientes de pressão interno, em condições de impermeável ao ar, a pressão no seu interior será invariável no tempo e independente da velocidade da corrente do ar externo. Por outro lado, tem-se os elementos permeáveis, que se devem à situação de possuir aberturas, tais como juntos aos painéis, telhas, frestas de ventilação, portas, janelas e outros.

De acordo com a ABNT NBR 6123 (1988) (p.12), edificações com paredes internas permeáveis, a parede pode ser considerada uniforme, devendo ser adotado os seguintes valores:

- a) Duas faces opostas igualmente permeáveis a outras faces impermeáveis:
 - Vento perpendicular a uma face permeável: C_{pi} : + 0,2;
 - Vento perpendicular a uma face impermeável: C_{pi} : - 0,3;
- b) Quatro faces igualmente permeáveis: C_{pi} : - 0,3 ou 0 (considerar o valor mais nocivo);
- c) Considerar abertura dominante em uma face; as outras faces de igual permeabilidade:
 - Abertura dominante na face do barlavento.

Proporção entre a área de todas as aberturas na face do barlavento e a face total das aberturas em todas as faces (paredes e coberturas), submetidas a sucção externa:

1,0.....	$C_{pi}: + 0,1$
1,5.....	$C_{pi}: + 0,3$
2,0.....	$C_{pi}: + 0,5$
3,0.....	$C_{pi}: + 0,6$
6 ou mais.....	$C_{pi}: + 0,8$

- Abertura dominante no sotavento, face paralela, não situada em zona de alta sucção externa, adota-se o coeficiente de forma externa C_a , correspondente a tabela 4.

- Abertura dominante na face do barlavento.

Proporção entre a área de todas as aberturas na face do barlavento e a face total das aberturas em todas as faces (paredes e coberturas), submetidas a sucção externa:

0,25.....	$C_{pi}: - 0,4$
0,50.....	$C_{pi}: - 0,5$
0,75.....	$C_{pi}: - 0,6$
1,00.....	$C_{pi}: - 0,7$
1,50.....	$C_{pi}: - 0,8$
3 ou mais.....	$C_{pi}: - 0,9$

2.4.2 Considerações quanto a ABNT NBR 16032/2012

Neste item, apresenta-se a sequência de cálculo para determinação dos coeficientes de pressão e cálculo da carga, baseado em estufas do tipo tetos curvos e laterais construídas de dois ou mais vãos.

2.4.2.1 Coeficiente de pressão externa C_{pe}

Os coeficientes de pressão externas sobre teto curvado e laterais de estufas constituídas de um só vão, com calhas e $h/s \geq 0,2$, estão descritos na tabela 6.

Tabela 6 – Coeficientes de pressão externa C_{Pe} .

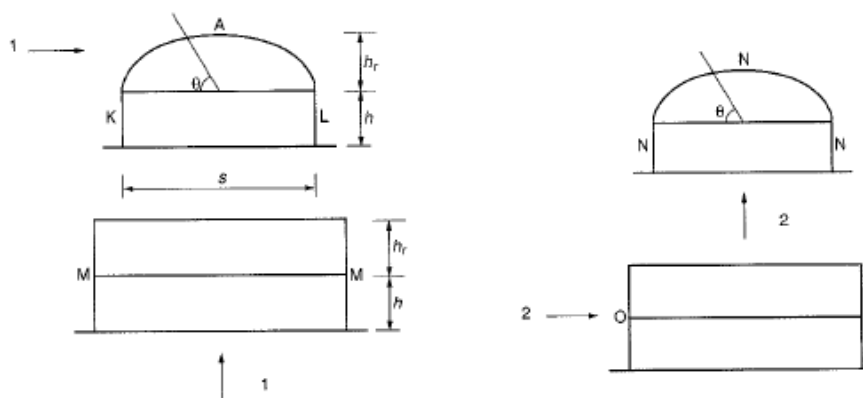
Direção do vento	Zonas	θ			h/s	
		0° a 55°	55° a 115°	115° a 180°	≤ 0,4	≥ 0,6
(0°)	A	+ 0,3	- 1,0	- 0,4	-	-
	A ^a	+ 0,3	- 1,2	- 0,4	-	-
	K	-	-	-	+ 0,6	+ 0,6
	L	-	-	-	- 0,3	- 0,6
	M	-	-	-	- 0,3	- 0,4
(90°)	N	- 0,2	- 0,2	- 0,2	-	-
	O	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,7	-	-
	P	- 0,3	- 0,3	- 0,3	-	-

^a Para $h_r/s < 0,2$ e cobertura de filmes sem fixação na cumeeira.

Fonte: ABNT NBR 16032/2012(ABNT, p.41).

As zonas A, K, M, N, O e P estão definidas na figura 12, constituída por um só vão, com calha $h/s < 2$, devendo tratar estufas sem calha, podendo ser interpolados os valores intermediários.

Figura 12 – Zonas teto curvado e laterais de estufas constituídas de um só vão, com calha $h/s \geq 0,2$.



Legenda

1 direção do vento 0°

2 direção do vento 90°

Fonte ABNT NBR 16032/2012 (ABNT, p.33).

2.4.2.2 Coeficiente de pressão interna C_{Pi}

Os coeficientes de pressão interna C_{Pi} para estufas com teto curvado estão descritos na tabela 7, conforme a situação e quantidade dos vãos.

Tabela 7 – Coeficientes de pressão externa C_{pi} .

Direção do vento	um vão		Múltiplos vãos
	Fachadas laterais impermeáveis ^a	Fachadas ventiladas ou permeáveis ^b	
0°	$C_{pi} = 0,2$	$C_{pi} = 0,2$	$C_{pi} = 0,2$
	$C_{pi} = -0,4$	$C_{pi} = -0,2$ ^c	$C_{pi} = -0,3$
90°	$C_{pi} = 0,2$	$C_{pi} = 0,2$	$C_{pi} = 0,2$
	$C_{pi} = -0,1$	$C_{pi} = 0,0$	$C_{pi} = -0,1$

^a Estufas com janelas fechadas e/ou portas em fachadas frontais, porém com fachadas laterais impermeáveis.

^b Estufas com janelas fechadas e/ou portas em fachadas frontais, porém com fachadas laterais permeáveis.

^c Caso exista ventilação permanente na cumeeira, é preciso usar $C_{pi} = -0,3$.

Fonte ABNT NBR 16032/2012(ABNT, p.42).

2.4.3 Coeficiente de pressão C_p

Após obter os valores de C_{pe} e C_{pi} que são fornecidos pela norma ABNT NBR 6123 (1988) ou pela ABNT NBR 16032 (2012), com base na tipologia instalada, pode-se calcular o Coeficiente de pressão C_p que é dado pela equação 4:

$$C_p = C_{pe} - C_{pi} \quad (\text{equação 4})$$

2.4.4 Carga de vento F

Para definir a carga de vento F , são aplicadas variáveis, relacionadas ao vento, que estão definidas nas normas, baseada na ação do vento, resultando em uma expressão utilizada para verificação estrutural. Com base no resultado das equações tem-se o resultado da carga F , dada em $N.m^{-1}$, resultante da equação 5:

$$F = C_p q L \quad (\text{equação 5})$$

Onde:

F : cargas [N/m];

C_p : coeficiente de pressão total [ad.];

q : pressão de obstrução [N/m²];

L : distância entre pórticos [m].

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e estufa do estudo

Realizou-se os cálculos para estimativa da carga de vento numa estufa agrícola, localizada nas dependências da Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete (Figura 13). O local está situado na fronteira oeste do Rio Grande do Sul, e possui classificação climática de Köppen (1931) caracterizada pelo clima do tipo Cfa - Clima subtropical, com verão quente, tendo seu posicionamento global pelas coordenadas 29°79'13" de latitude e 55°76'79" de longitude. A altitude do município é de 102 metros, e possui predominância dos ventos na direção noroeste (DA ROSA *et al.*, 2020).

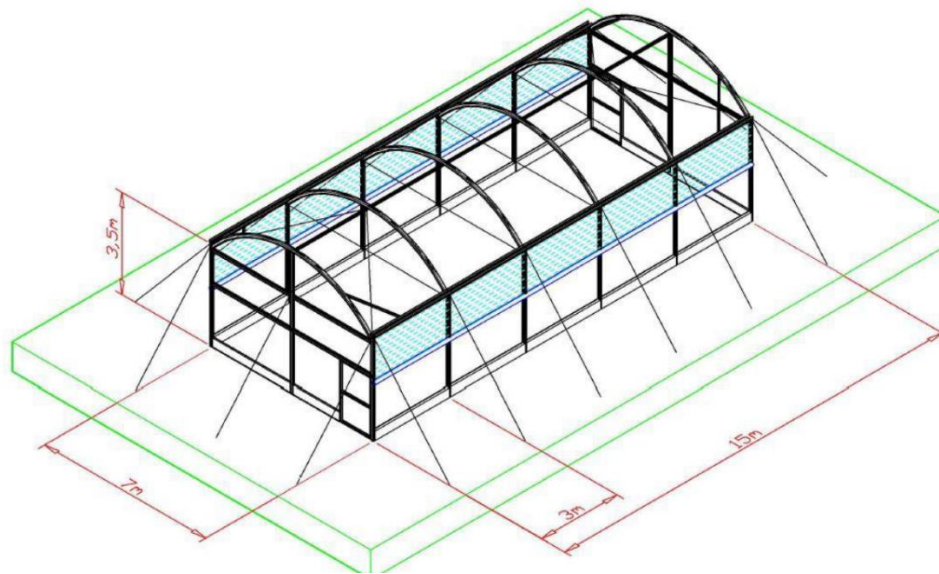
Figura 13 – Estufas instaladas na Unipampa, campus Alegrete.



Fonte: O autor (2022)

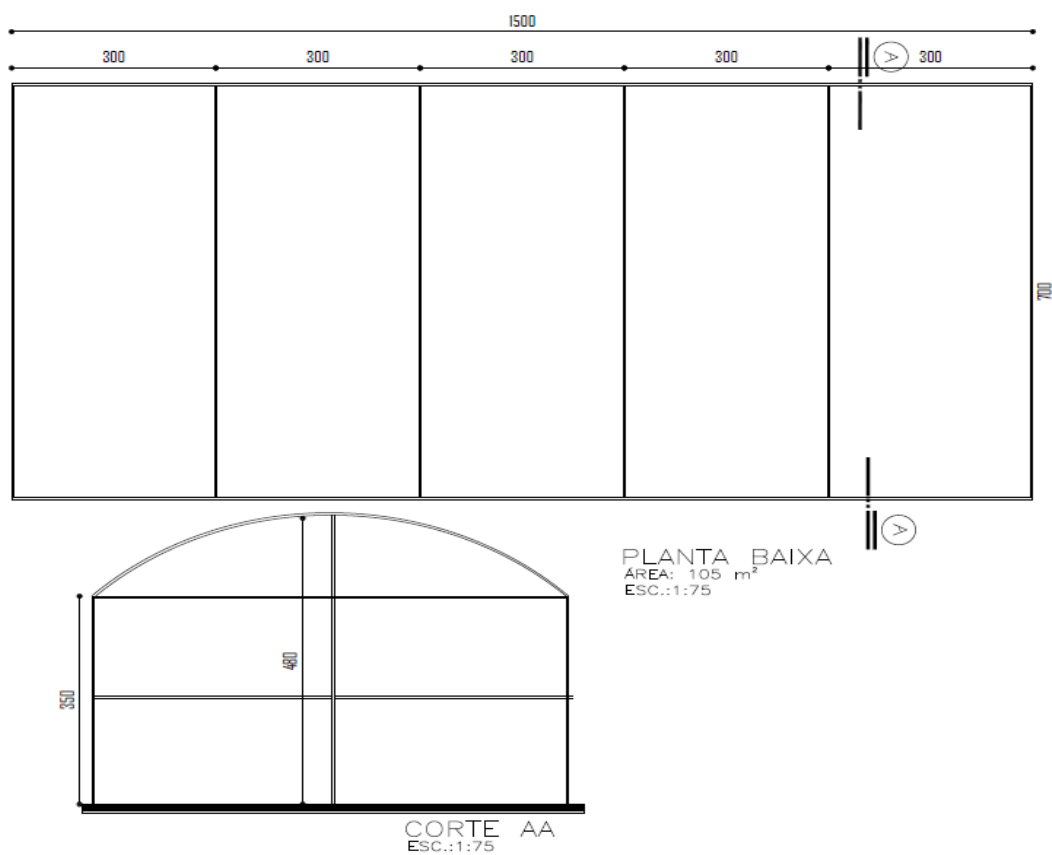
Na figura 14, está representada a perspectiva da estufa agrícola, que normalmente é utilizada para experimentos ligados ao curso de Engenharia Agrícola, enquanto na figura 15 está ilustrada a sua planta baixa e o corte transversal. Segundo manual do fabricante Zanatta Esufas Agrícolas (2014), foi executada com colunas 75 x 40 mm, com arcos oblongos 30 x 60 mm, e travamentos em tubos de 30 x 40 mm, fixados com tirantes em aço de 5,15 mm de diâmetro. Sua cobertura foi executada com filme agrícola difusor 150 µm na parte superior e 125 µm na parte lateral.

Figura 14 – Estufa agrícola pré-fabricada



Fonte: Zanatta Esufas agrícolas (2014).

Figura 15 – Planta baixa e corte da estufa.



Fonte: O autor (2022).

3.2 Determinação das forças atuantes na estufa devido ação do vento

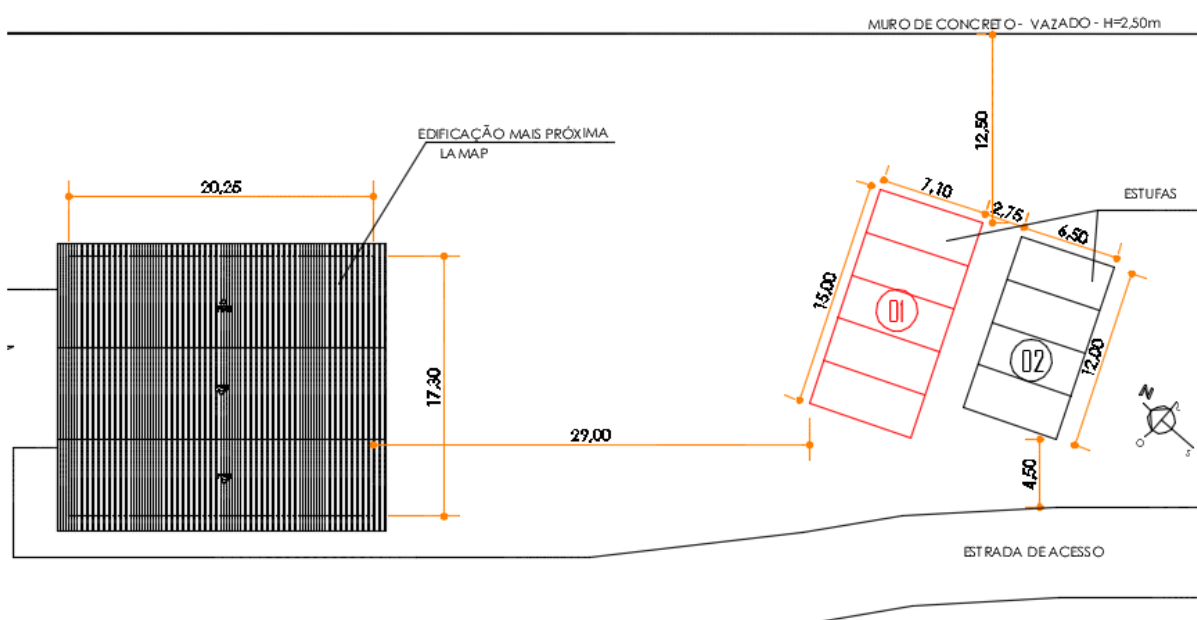
Com intuito de obter a influência do vento na estrutura da estufa, foram aplicados dois modelos de cálculo, sendo o primeiro considerando a ação do vento pela ABNT NBR 6123 (1988) e o outro considerando a ABNT NBR 16032 (2012).

Inicialmente, foram determinadas as características da estrutura e de sua vizinhança, para que se pudesse aplicar os parâmetros de ponderação da velocidade característica do vento. Posteriormente, foram obtidos dados da velocidade básica, os fatores de ponderação e aplicados os coeficientes de pressão para compor a velocidade característica. Assim, em posse das características obtidas, foram calculados os esforços, considerando cada norma, e os resultados foram comparados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para verificar a situação de sua instalação no local, foram realizadas medições e levantamentos que possibilitassem verificar sua posição em relação as edificações mais próximas, orientação solar e influências de muros e estradas, relacionadas a sua instalação. Com isso, foi elaborada uma planta de localização e situação (Figura 16), em relação ao local de implantação. Nesta figura estão representadas as duas estufas existentes no local, estando demarcado em vermelho e numerada a estufa 01, como a estrutura objeto deste estudo.

Figura 16 – Situação e localização em relação a sua implantação.



Fonte: O autor (2022)

4.1 Cálculos da pressão do vento

Inicialmente, obteve-se do gráfico das isopleias a velocidade básica do vento, na qual para o município de Alegrete – RS, o valor de $V_0 = 45$ m/s. Após isso, verificou-se o fator topográfico, *in loco*, e como o terreno é plano, o valor de $S_1 = 1,0$.

Para o fator de rugosidade do terreno, verificou-se que, há outra estufa, menor na lateral direita, e possui um pavilhão em concreto armado à distância de 29 m a esquerda (figura 16), estando no local a estrutura e outras edificações. Assim, foi

considerado a categoria III e como a construção está à altura inferior a 20 m de altura, foi considerado a classe A.

Com os dados acima informados, para obter o valor mais aproximado de rugosidade, foi utilizado a equação 2. Para encontrar os valores da expressão, foi empregado valores da tabela 2 que determina parâmetros de $b = 1,10$ e $p = 0,06$, e considerando o pior caso, a altura em análise de 4,80 metros, sendo assim o cálculo de S_2 pela resolução a seguir, obteve-se:

$$S_2 = 0,94 (4,80/10)^{0,10}$$

$$S_2 = 0,88$$

Para o fator estatístico em função da estufa agrícola, foi escolhido o grupo 3 da tabela 3, edificações de instalações industriais com baixo fator de ocupação, em que o valor de $S_3 = 0,95$. Com isso, pode-se utilizar a equação 1 para obtenção do valor característico V_k com análise da estrutura, resultando em:

$$V_k = 45 * 1,0 * 0,88 * 0,95$$

$$V_k = 37,62 \text{ m.s}^{-1}$$

Desta forma, empregando o valor do vento característico pode-se determinar o valor da pressão dinâmica exercida pelo vento na superfície, através da expressão da pressão dinâmica ou de obstrução, onde utilizou-se a equação 3. Com a utilização desta expressão, obtém-se o seguinte resultado:

$$q = 0,613 * 37,62^2$$

$$q = 867,55 \text{ N.m}^{-2}$$

$$q = 88,46 \text{ kgf.m}^{-2}$$

Como abordado neste trabalho, a pressão dinâmica corresponde a unidade de força por área, sendo esta, a pressão exercida na superfície em função da velocidade característica. Logo, considerando uma construção de forma isolada em sua pior

situação, de maneira que seu valor seja de 88,46 kgf.m⁻², resulta em regime de escoamento de corpo isolado.

4.2 Levantamento de cargas atuantes utilizando a ABNT NBR 6123 (1988)

Tendo como base o resultado e forma da estrutura, verificou-se o coeficiente de pressão e de forma, externos, considerando a forma da edificação, em que a tabela 3, relaciona a altura relativa. Desta forma, sabendo que $a = 15$ e $b = 7$, tem-se:

$$\frac{a}{b} = \frac{15}{7,0} = 2,14$$

Logo tem-se: $2 \leq 2,14 \leq 4$

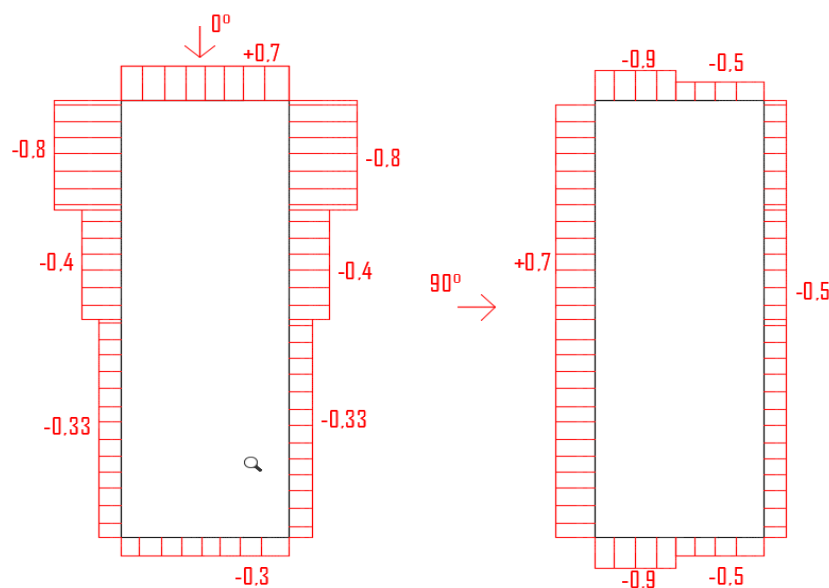
Como isso, tem-se os resultados de coeficientes de pressão e forma externo para paredes laterais e frontais, apresentados na tabela 8.

Tabela 8 - Resultados de C_{Pe} nas paredes laterais

Valores de C_{pe}								C_{pe} médio
$\theta = 0^\circ$				$\theta = 180^\circ$				
A1 e B1	A2 e B2	C	D	A	B	C1 e D1	C2 e D2	
-0,8	-0,4	0,7	-0,3	0,7	-0,5	-0,9	-0,5	-1,0

Fonte: O autor (2022).

O resultando dos coeficientes de pressão nas paredes laterais, está representado na figura 17, demonstrando seu efeito na estrutura.

Figura 17 – Resultados de C_{pe} nas paredes laterais.

Fonte: O autor (2022)

Quanto à pressão interna C_{pi} , despreza-se a utilização de abertura dominante em qualquer face e considera-se conforme o item 6.2.5.a da ABNT NBR 6123 (1988), que é geralmente o mais utilizado para galpões e outras estruturas sem abertura exageradas, resultando nos coeficientes de pressão dos arcos, sendo:

$$C_{pi} = +0,2 \quad C_{pi} = -0,3 \text{ (adota-se o mais nocivo)}$$

Considerando o pior efeito nas paredes, e espaçamento entre vão L , igual a 3 m, sabendo que a carga do vento no local é de $88,46 \text{ kgf.m}^{-2}$, aplicou-se a equação 5, encontrou-se os valores apresentados na tabela 9.

Tabela 9 - Resultados de C_p e cargas de vento F , na parede.

Direção do vento	Zonas	C_{pe}	C_{pi}	C_p	entre Pórticos -	Carga de vento F (kgf/m)
(0°)	A1 e B1	-0,8	0,2	-1,1	3	-291,92
	A2 e B2	-0,4	0,2	-0,6	3	-159,23
	C	0,7	-0,3	1	3	265,38
	D	-0,3	0,2	0,5	3	132,69
(90°)	A	0,7	-0,3	0,9	3	238,84
	B	-0,5	0,2	-0,7	3	-185,77
	C1 e D1	-0,9	-0,3	-1,2	3	-318,46
	C2 e D2	-0,5	-0,3	-0,8	3	-212,30

Fonte: O autor (2022)

Quanto à cobertura, foi necessário verificar os coeficientes aerodinâmicos, de acordo com o anexo E da ABNT NBR 6123 (1988), onde tem-se:

$$\frac{f}{l^2} = \frac{1,3}{7} = 0,18 \text{ (1/5)} \quad \text{e} \quad \frac{h}{l^2} = \frac{3,5}{7} = 0,07 \text{ (1/2)}$$

A partir disso, determinou-se os valores aerodinâmicos, que estão apresentados na tabela 10, com sua forma de distribuição dos coeficientes de pressão externo atuando sobre a cobertura.

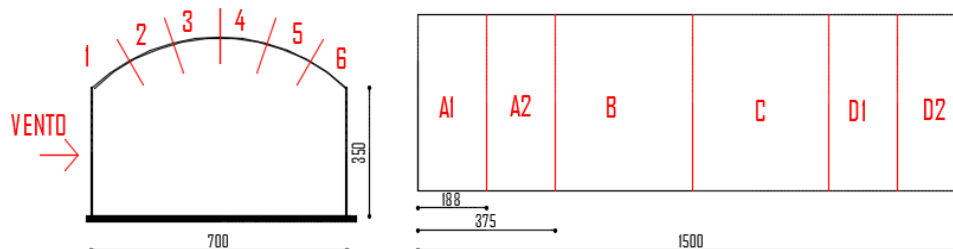
Tabela 10 - Resultados de C_{Pe} da cobertura

Valores de C_{pe}										VENTO OBLIQUO	
$\theta = 90^\circ$						$\theta = 0^\circ$				A1	A2
1	2	3	4	5	6	A1 e B1	B	C	D1 e D2		
-1,2	-0,7	-0,9	-0,8	-0,3	-0,2	-0,8	-0,3	-0,3	-0,2	-1,8	-1,8

Fonte: O autor (2022)

O resultando dos coeficientes de pressão na cobertura, está representado na figura 18, demonstrando seu efeito na estrutura.

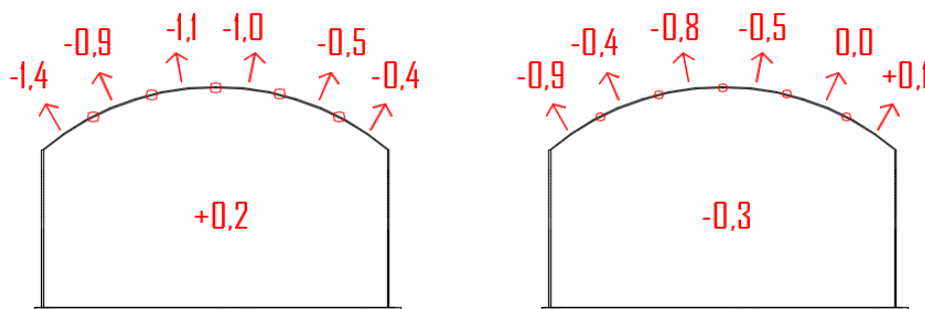
Figura 18 – Resultados de C_{Pe} na cobertura.



Fonte: O autor (2022)

Para o cálculo da pressão interna C_{pi} , realizado conforme o item 6., da ABNT NBR 6123 (1988), onde para efeito de cálculo da estrutura utilizada, desprezou-se a utilização de abertura dominante em qualquer face e considera-se conforme o item 6.2.5.a da ABNT NBR 6123 (1988), que é geralmente o mais utilizado para galpões e outras estruturas sem abertura exageradas, resultando nos coeficientes de pressão dos arcos, apresentados na figura 19.

$$C_{pi} = +0,2 \quad C_{pi} = -0,3 \text{ (adota-se o mais nocivo)}$$

Figura 19 - Situações de C_{pi} e C_{pe} nos arcos (cobertura)

Fonte: Do autor (2022)

Após as análises de C_{pe} e C_{pi} , pode-se verificar, a partir das piores situações as cargas de vento atuantes nesta estrutura. Para fins de C_{pi} , verificou-se o mais nocivo na estrutura, ser a primeira situação, com valor $+0,2$, resultando nos resultados de carga apresentada na tabela 11.

Tabela 11 - Resultados de CP e cargas de vento F, na cobertura.

Direção do vento	Zonas	C_{pe}	C_{pi}	CP	entre Pórticos -	Carga de vento F (kgf/m)
(0°)	A1 e B1	-0,8	0,2	-1,0	3	-265,38
	B	-0,3	0,2	-0,5	3	-132,69
	C	-0,3	0,2	-0,5	3	-132,69
	D1 e D2	-0,2	0,2	-0,4	3	-106,15
(90°)	1	-1,2	0,2	-1,4	3	-371,53
	2	-0,7	0,2	-0,9	3	-238,84
	3	-0,9	0,2	-1,1	3	-291,92
	4	-0,8	0,2	-1,0	3	-265,38
	5	-0,3	0,2	-0,5	3	-132,69
	6	-0,2	0,2	-0,4	3	-106,15
VENTO OBLIQUO	A1	-1,8	0,2	-2,0	3	-530,76
	D1	-1,8	0,2	-2,0	3	-530,76

Fonte: O autor (2022)

Verificou-se com os resultados da tabela 11, um acréscimo na pressão resultante pela carga do vento, na região mais próxima a cumeeira, sendo que para efeitos de cálculo, os coeficientes obtidos com o vento oblíquo são os mais nocivos e resultam nos maiores valores de carga de vento.

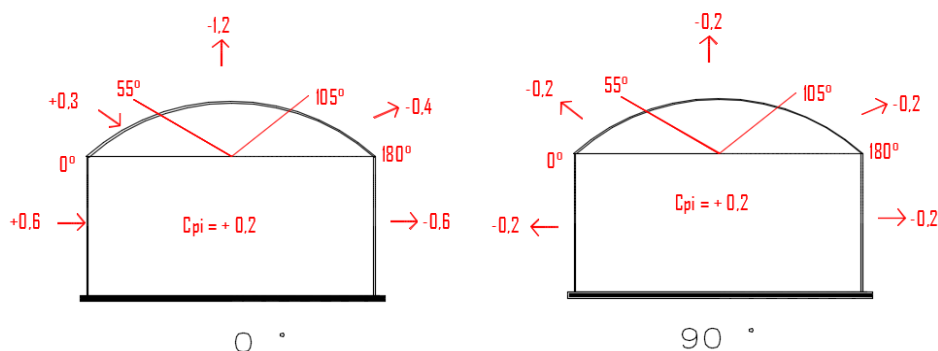
4.3 Levantamento de cargas atuantes considerando a ABNT NBR 16032 (2012)

Com estes resultados, considerando a ABNT NBR 16032 (2012), pode-se determinar os coeficientes de pressão e cálculo da carga, baseado em estufas do tipo tetos curvos e laterais construídas de dois ou mais vãos, conforme apresentado na figura 20. Desta maneira, pela tabela 5, considerando o teto curvo e laterais de estufas constituídas de dois ou mais vãos, inclinação do telhado: $\theta = 180^\circ$, utilizando as expressões:

$$\frac{h}{s} = \frac{350}{700} = 0,50 \quad \text{e} \quad \frac{h_r}{s} = \frac{130}{700} = 0,18$$

Como $h/s \geq 0,2$ e $h_r/s < 0,2$, os coeficientes pressão externa C_{pe} , sobre tetos curvados e laterais de estufas com um só vão, foram utilizados os coeficientes apresentados na figura 20, conforme apresentado nas tabelas 5 e 7.

Figura 20 - Situações de C_{pi} e C_{pe} nos arcos (cobertura)



Fonte: O autor (2022)

Sendo assim, o pior efeito do vento, com esta análise, considerando o espaçamento entre vão (L) igual a 3 m, sabendo que a carga do vento no local é de $88,46 \text{ kgf.m}^{-2}$, aplica-se a equação 5, resultando na tabela 12.

Tabela 12 - Resultados de CP e cargas de vento F.

Direção do vento	Zonas	θ	Cpe	Cpi	CP	Distancia entre Pórticos - L (m)	Carga de vento F (kgf/m)
(0°)	A ^a	0° A 55°	0,3	0,2	0,1	3	26,54
		55° A 115°	-1,2	0,2	-1,4	3	-371,53
		115° A 180°	-0,4	0,2	-0,6	3	-159,23
	K	-	0,6	0,2	0,4	3	106,15
	L	-	-0,6	0,2	0,8	3	212,30
	M	-	-0,4	0,2	-0,6	3	-159,23
(90°)	N	0° A 55°	-0,2	0,2	-0,4	3	-106,15
		55° A 115°	-0,2	0,2	-0,4	3	-106,15
		115° A 180°	-0,2	0,2	-0,4	3	-106,15

Fonte: Do autor (2022)

4.4 Discussões sobre resultados obtidos pela ABNT NBR 6123 (1988) e ABNT NBR 16032 (2012)

Conforme Vieira Neto & Soriano (2020) a estufa sofre mudança na sua forma devido aos deslocamentos impostos pela ação do vento, mas não demonstra variações relevantes nos coeficientes de pressão das zonas de parede, conforme verificado na Tabela 9. Contudo, destaca efeitos de deslocamento muito significativos ao longo da extensão do arco da cobertura, com grande redução dos coeficientes de pressão principalmente nas proximidades da cumeeira.

Desta forma, ao analisar os resultados na cobertura, foi possível verificar diferenças nos resultados encontrados na zona 0° a 55°, demonstrando que a carga de vento é inferior pelos coeficientes apresentados pela ABNT NBR 16032 (2012), tratando de carga positiva – de sobrepressão, de aproximadamente 26,54 kgf.m⁻¹. Por outro lado, a ABNT NBR 6123 (1988) chega a uma carga de aproximadamente 372 kgf.m⁻¹ de sucção para esta zona, demonstrando um efeito mais nocivo a estrutura.

Ao analisar os resultados encontrados na zona 55° a 115°, pelos coeficientes apresentados pela ABNT NBR 16032 (2012), uma carga de aproximadamente 372 kgf.m⁻¹, enquanto a ABNT NBR 6123 (1988), resulta em valores próximos a 292 kgf.m⁻¹, devido aos valores de coeficientes mais agressivos desta região. Mistriotis & Briassoulis (2002), ressaltam a importância dos resultados numéricos que demonstram a forte dependência dos coeficientes aerodinâmicos e apresentam em seu trabalho as características de atuação do fluxo de ar com sua distribuição com valores negativos e maiores nesta zona, confirmando os valores encontrados.

Para os resultados encontrados na zona 115° a 180°, verificou-se que a carga de vento está próxima a 160 kgf.m⁻¹, utilizando os coeficientes aerodinâmicos descritos na ABNT NBR 16032(2012), ao contrário da ABNT NBR 6123(1988) que chega a uma carga próxima 132 kgf.m⁻¹, menos nociva. Estes resultados de cargas, possuem coeficientes próximos aos encontrados nos ensaios computacionais realizados por Vieira Neto & Soriano (2020), o qual encontra coeficientes de pressão na faixa de -0,4 a -0,6, valores próximos aos verificados em ambas as normas utilizadas.

Quanto a comparação entre as normas, verificou-se valores diferentes atuando nas regiões, pois não possui os mesmos coeficientes, resultando no vento oblíquo em um resultado de aproximadamente 531 kgf.m⁻¹. Destaca-se que a ABNT NBR 16032 (2012) não considera este tipo de ação, e que nos resultados obtidos neste estudo, foram os maiores valores, considerando os dados da ABNT NBR 6123 (1988).

5 CONCLUSÕES

Através da verificação de cargas, com a utilização das normas ABNT NBR 6123 (1988) e da ABNT NBR 16032 (2012), foi possível constatar que existe diferença no resultado final da carga de vento calculada por estes métodos. Conforme verificado, a carga encontrada pela ABNT NBR 6123 (1988) foi superior a outra norma utilizada (exceto na região a sotavento do telhado), demonstrando a importância de dimensionamento pelas duas, a fim de verificar a pior situação.

Este trabalho demonstrou a importância de pesquisa e estudo das tipologias existentes, sua utilização e forma de dimensionamento, pois existem divergências nos resultados de dimensionamento que podem causar prejuízos, com instalações subdimensionadas deste tipo de estrutura.

Um ponto de importante destaque é referente ao vento oblíquo atuante na estrutura, pois a ABNT NBR 16032 (2012) não considera este tipo de ação, no entanto, conforme obtido pelos cálculos da ABNT NBR 6123 (1988), a força advinda dessa direção proporcionou uma força de alta intensidade (531 kgf.m^{-1}).

Como sugestão de estudos futuros, indica-se a realização de ensaios laboratoriais com os elementos estruturais pertencentes a esta estufa, bem como com o material de cobertura implantado (plástico PEBD), para que se possa determinar experimentalmente as resistências destes materiais, visando a otimização estrutural e do plástico, para que se possa minimizar os danos a estes, devido principalmente, à carga de vento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6120: **Cargas para cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 1980.

_____.NBR 6123: **Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro, 1988.

_____.NBR 16032: **Estrutura de estufa e viveiro agrícola – Requisitos de projeto, construção, manutenção e restauração**. Rio de Janeiro, 2012.

_____.NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

_____.NBR 8800: **Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro, 2008.

BRASIL. Lei n. 1.946, de 28 de junho de 2006. Cria o **Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - PRONAF**. JusBrasil Legislação. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/112235/decreto-1946-96>>. Acesso em: 02 nov. 2020.

Pronaf - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar 1996, Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br>>, Acessado em: 03.03.2022.

Brasil (1993) Lei 8.629 de 25 de fevereiro de 1993. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>, Acessado em: 03.03.2022.

BLESSMANN, Joaquim. **Ação do vento em edifícios**. 2 ed. Porto Alegre. Editora da Universidade federal do Rio Grande do Sul/UFRGS, 1989.

BRANDÃO, F., et al. **Hortaliças-fruto**. 535 p. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2018.

CARVALHO, R. C.; PINHEIRO, L. M. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. São Paulo: Pini, 2009. V.2.

DA ROSA, P.; BITENCOURT LEÃO, M.; ALMEIDA MOTA, D.; HUGO BRAGA, V.; DUGOLIN CECCATO, H.; CASTRO RODRIGUES, L. Vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas do município de Alegrete-RS. **Anais... 12º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 10, n. 2, 3 mar. 2020.

DAL'SOTTO, T. C. **ESTUDO DE CUSTOS DE PRODUÇÃO DE UMA ESTUFA HIDROPÔNICA EM UMA PROPRIEDADE RURAL DO OESTE DO PARANÁ**. 2014. 74 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

DOS REIS, N. V. B. **Construção de Estufas Para Produção de Hortaliças nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste**. EMBRAPA. Brasília, 2005.

EMBRAPA, **Painel bioeconomia e futuro da alimentação**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília, 2020. Disponível em: <<https://embrapa.br/hortaliças/bioeconomia>>. Acesso em: 11 novembro 2020.

EMBRAPA, **VISÃO 2030: O futuro da agricultura brasileira**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília, 2019. 214 p.

EMBRAPA, **Construção de estufas para produção de hortaliças nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste**. Brasília, 2005. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1355126/9124396/>>. Acesso em: 11 novembro 2020.

EN 13031-1 (European Standard). (2001). **Greenhouses: Design and construction. Part 1:Commercial production greenhouses**. Madrid, Spain: European Committee for Standardization CEN, AENOR (in Spanish).

EN 13031-1(European Standard). (2019). **Greenhouses. Design and construction Commercial production greenhouses, Category: 65.040.30 Greenhouses and**

other installations. Madrid, Spain: European Committee for Standardization CEN, AENOR (in Spanish).

GRANDE, L. et al. O cultivo protegido de hortaliças em Uberlândia-MG. **Hortic. Bras.**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 241-244, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102>. Acesso em: 11 nov. 2020.

GOTO, R., TIVELLI, S. W. **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais.** UNESP, São Paulo, 1998. 319 p.

MARTINEZ, H. E. P.; SILVA FILHO, J. B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas.** 3 ed. rev. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 111p.

MENEGAES, J. F, et al. Produção sustentável de alimentos em cultivo hidropônico. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas** – UFSM, v. 14, n. 3, p. 102–108. Set-Dez. 2015.

Mistriotis, A.; Briassoulis, D. **Numerical estimation of the internal and external aerodynamic coefficients of a tunnel greenhouse structure with openings.** Computers and Electronics in Agriculture 34: 191-205, 2002.

NEJELISKI, D. M.; MELLO, C. I. **Design e agricultura familiar: proposta de estrutura para cultivo protegido.** Campo Grande, v. 14, n. 1, p. 53-61, junho 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1518-70122013000100005&lng=en&nrm=iso>. Acesso 30 novembro 2020.

ONU, United nations, department of economic and social affairs The United Nations, **Population Division, Population Estimates and Projections Section**, 2012.

Panwar, N.L.; Kaushik, S.C.; Surendra Kothari. Solar greenhouse an option for renewable and sustainable farming, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 8, 2011.

Prefeitura Municipal de Alegrete. 2020. Disponível em: < <https://www.alegrete.rs.gov.br>>, Acessado em: 03.03.2022.

PRADO, L. E. M. **Sistema de Produção de Morango para Mesa na Região da Serra Gaúcha e Encosta Superior do Nordeste**. Brasília, 2005. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/MesaSerraGaucha/importancia.htm>>. Acesso em: 12 novembro 2020.

KÖPPEN, William, 1931, **Climatologia**. México, Fundo de Cultura Econômica.

VIEIRA NETO, J. G. **Conformação dos coeficientes aerodinâmicos em estufas agrícolas determinada por fluidodinâmica computacional**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2019.

VIEIRA NETO, J. G., & SORIANO, J. **Computational modelling applied to predict the pressure coefficients in deformed single arch-shape greenhouses**, Volume 200, 231-245, <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.10.003>, 2020

VIEIRA NETO, J. G., & SORIANO, J. **Influence of greenhouse's shape in the structural performance**. Acta Horticulture, 1170, 855-860. <http://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1170.109>, 2017

ZANATA ESTUFAS AGRICOLAS. 2020. Disponível em: <<https://www.zanatta.com.br>>, Acessado em: 03.03.2022.