UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UNICAMP
REPOSITÓRIO DA PRODUÇÃO CIENTIFICA E INTELECTUAL DA UNICAMP

**Versão do arquivo anexado / Version of attached file:**

Versão do Editor / Published Version

**Mais informações no site da editora / Further information on publisher's website:**

Sem URL

**DOI: 0**

**Direitos autorais / Publisher's copyright statement:**

©2023 by UNICAMP/FEAGRI. All rights reserved.

DIRETORIA DE TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO

Cidade Universitária Zeferino Vaz Barão Geraldo
CEP 13083-970 – Campinas SP
Fone: (19) 3521-6493
http://www.repositorio.unicamp.br

# COEFICIENTES DE PRESSÃO EM ESTUFAS AGRÍCOLAS REVESTIDAS COM FILME PLÁSTICO CONSIDERANDO A INTERAÇÃO FLUIDO-ESTRUTURA

**ANA CAROLINA GIGLI SHIGUEMOTO[1], JULIO SORIANO[2], JOSÉ GABRIEL VIEIRA NETO[3]**

[1] Doutoranda em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, ana.shiguemoto@ifc.edu.br

[2] Professor Doutor, FEAGRI/UNICAMP, julio.soriano@feagri.unicamp.br

[3] Professor Doutor, UFPR Campus Jandaia do Sul, jose.vieira@ufpr.br

**RESUMO:** As estufas agrícolas são construções rurais, geralmente revestidas com filme plástico ou vidro, essenciais para o desenvolvimento do cultivo protegido. São construções leves e bastante suscetíveis as ações do vento. As normas técnicas fornecem recomendações para o projeto quanto aos requisitos de resistência mecânica, estabilidade e durabilidade, bem como coeficientes aerodinâmicos. Para determinados formatos e dimensões de estufas, há necessidade de estudos para melhor entendimento da distribuição dos coeficientes de pressão e seus impactos na segurança estrutural de estufas revestidas com filme plástico submetidas a ação do vento. A presente pesquisa tem por objetivo o estudo de modelos para realização de simulações computacionais com abordagem fluido-estrutura para determinação dos coeficientes de pressão em estufas agrícolas em arco cobertas com filme plástico, cujos resultados serão validados em experimentos a serem realizados em túnel de vento. Como parâmetro de projeto, serão consideradas diferentes configurações para a relação altura/vão. Desta forma, espera-se obter os coeficientes de pressão em modelos que representem o real comportamento do filme plástico, buscando-se caracterizar a interação do plástico com a estrutura.

**PALAVRAS-CHAVE**

Estufa em arco, fluido dinâmica computacional,

## INTRODUÇÃO

É fundamental que o projeto de uma estufa agrícola garanta sua segurança estrutural, ainda mais, em um momento em que o setor se encontra em expansão, com perspectiva de crescimento para os próximos anos. A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 16032 (2012) e a norma europeia EN 13031-1 (2019) abordam os requisitos de resistência mecânica, estabilidade e durabilidade para o projeto. Concernente à ação do vento, a ABNT NBR 16032 (2012) apresenta coeficientes aerodinâmicos para determinados formatos e dimensões de estufas. Para o caso de uma estufa em arco simples com cobertura com filme plástico, há um processo interativo para considerar modificações nas distribuições das ações do vento e de pré-tensão do filme plástico. O processo é de uma análise estática e o efeito real do comportamento dinâmico num material para o revestimento flexível é pouco conhecido.

Diversos estudos realizados no Brasil e mundialmente utilizam, para obtenção dos coeficientes de pressão, experimentação em escala real ou em túnel de vento, bem como análise computacional fluidodinâmica (CFD) e análise estática. No entanto, os resultados obtidos até então não abordam a influência da flexibilidade do sistema de vedação (filme plástico) no perfil das ações na estrutura (UEMATSU e TAKAHASHI, 2020; WANG et al., 2021). Desta forma, é importante que os coeficientes de pressão obtidos considerem o fenômeno de descolamento de filme plástico na estrutura num processo de dimensionamento mais preciso.

Neste sentido, levando-se em consideração o estado da arte, este projeto de pesquisa tem como hipótese que, em função do comportamento do material de vedação, os efeitos da ação do vento modificam-se de forma significativa, se o modelo para determinação dos coeficientes de pressão, ao invés rígido, for considerado flexível.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para elaboração das simulações computacionais, foram definidas duas geometrias distintas para a estufa em arco sendo a relação altura/vão (h/s) iguais a 0,39 e 0,50, respectivamente. Nas composições dos modelos (Figura 1), as colunas, arcos, travessas e terças e arcos serão adotados o aço estrutural ZAR-250 ($\sigma_y$ - igual a 250 MPa) e as calhas serão em alumínio extrudado ($\sigma_y$ - igual a 240 MPa). As ações atuantes na estufa serão o peso próprio e a ação devido ao vento. Para obtenção dos coeficientes de pressão, serão consideradas nas simulações, velocidades básicas do vento nos valores de 5, 15, 30 e 45 m $s^{-1}$.

A simulação será realizada utilizando-se o software comercial *Simcenter FloEFD* para *Solid Edge®* em que se fará uma análise acoplada unidirecional (*one way*) para que seja considerado o efeito fluído-estrutura. A análise acoplada unidirecional considera que o fluido ao redor da estufa não é

afetado pelas deformações estruturais (BORDIN, 2014), assim, as simulações CFD e estruturais podem ser realizadas independentemente (WANG et al., 2015).

Num primeiro passo, a distribuição do campo de pressão será determinada pelo método de turbulência RANS k-ε. Num segundo passo, a distribuição do campo de pressão obtida irá ser considerada na simulação estrutural para determinação da deformação na estrutura pelo método de elementos finitos (MEF). A estrutura deformada será submetida novamente à análise CFD para verificação de um novo campo de pressão, que será considerado para uma nova análise estrutural, a fim de se determinar a nova deformação. Este processo será repetido até que não sejam verificadas diferenças significativas nos resultados. Os resultados das simulações serão validados por experimentos em túnel de vento, considerando-se todos os cenários de velocidade de vento e geometria de estufa considerados.

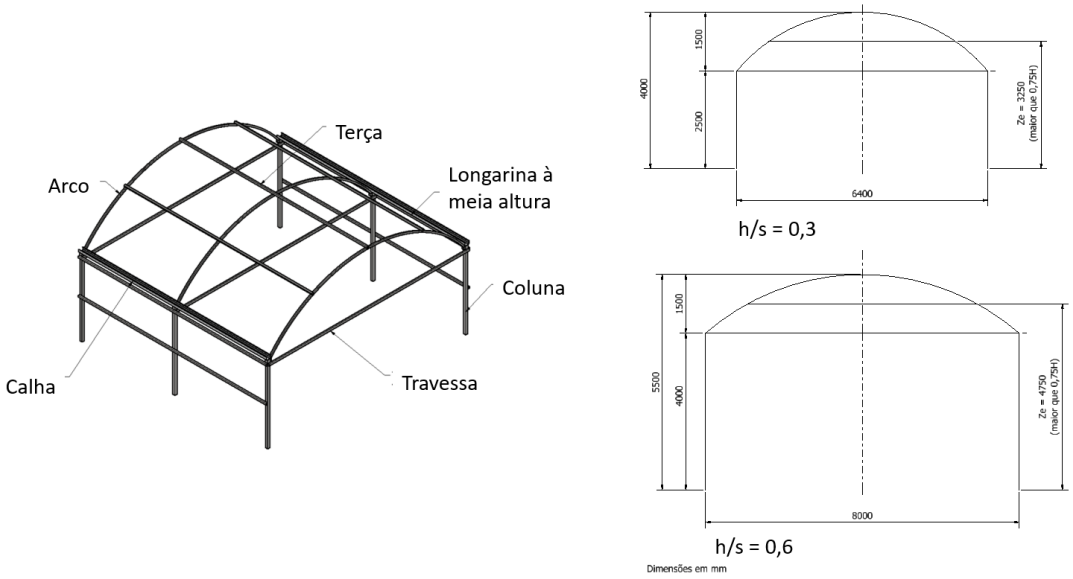


Figura 1. Vista em perspectiva da estufa em arco e representação das diferentes relações h/s estudadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o desenvolvimento desta pesquisa, espera-se comprovar a hipótese formulada obtendo-se, para tanto, os coeficientes de pressão do vento em modelo que represente o descolamento do filme plástico da estrutura, como sugerido na pesquisa desenvolvida por Vieira Neto (2019). Quanto às ações de vento atuantes na estrutura, espera-se caracterizar as principais diferenças para ambos os modelos de estufa em estudo, que diferem entre si pela razão altura/vão. É esperado que os parâmetros a serem obtidos possibilitem verificar similaridades e discrepâncias quanto aos coeficientes de pressão apresentados pela ABNT NBR 16032 (2012), de forma que os resultados da pesquisa possam trazer contribuições futuras para esse documento normativo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a presente pesquisa espera-se contribuição acerca da segurança e do desempenho estrutural das estufas agrícolas cobertas com filme plástico, no sentido de definir um procedimento de análise computacional em que a interação de comportamento entre a estrutura e vento sejam considerados.

Espera-se, também, colaborar com o desenvolvimento tecnológico do setor e, bem como contribuir com o crescimento desta linha de pesquisa na Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.


ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16032**: Estrutura de estufa e viveiro agrícola – Requisitos de projeto, construção, manutenção e restauração. Rio de Janeiro, 61p., 2012.

BORDIN, F.S. Análise do efeito da Interação Fluido-Estrutura nas forças fluidodinâmicas em um elemento de pá flexível 3D. **Dissertação de Mestrado**. Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 107 p., 2014.

CEN. EN 13031-1 Greenhouses - Design and construction - Part 1: Commercial production greenhouses. European Committee for Standardization CEN. Brussels, Belgium, 2019.

UEMATSU, Y.; TAKAHASHI, K. Collapse and Reinforcement of Pipe-Framed Greenhouse under Static Wind Loading**. Journal of Civil Engineering and Architecture**, 14, p.583-594, 2020.

VIEIRA NETO, J. G. Conformação dos coeficientes aerodinâmicos em estufas agrícolas determinada por Fluidodinâmica Computacional. **Tese de Doutorado**. Faculdade de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas. 113 p., 2019.

WANG, L.; KOLIOS, A.; DELAFIN, P-L.; NISHINO, T.; BIRD, T. Fluid Structure Interaction Modelling of a Novel 10MW Vertical-Axis Wind Turbine Rotor Based on Computational Fluid Dynamics and Finite Element Analysis. In: **Europe's Premier Wind Energy Event 2015, Paris. Proceedings**…Paris: EWEA, 2015. Disponível em: < https://www.ewea.org/annual2015/conference/submit-an-abstract/pdf/94596682816.pdf > Acesso em 05/03/2023.

WANG, C.; NAN, B.; WANG, T.L.; BAI, Y.K.; LI, Y.Q. Wind pressure acting on greenhouses: A review**. Int. J Agric. & Biol. Eng.**, 14(2), 1–8. 2021.