

GERAÇÃO COMPUTACIONAL E ANÁLISE ESTRUTURAL DE CASCAS DE FORMAS LIVRES – PLANTA OCTOGONAL APOIADA EM DUAS BORDAS OPOSTAS PARALELAS E QUATRO VÉRTICES



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO - FEC
DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS – DES

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - CNPq
Bolsista : Flavio Antonio da Silva – flaviosilva.eng@gmail.com
Orientador: Prof. Dr. Isaias Vizotto - vizotto@fec.unicamp.br



Palavras-Chave: Estruturas em Casca – Método dos Elementos Finitos – Cascas de Formas Livres

INTRODUÇÃO

Estruturas em casca são elementos estruturais que apresentam curvatura e uma dimensão bem menor quando comparada às demais. Essas estruturas podem ser aplicadas em diversas áreas da engenharia como em silos e reservatórios. Também podem ser encontrados na natureza, como cascas de ovos e conchas.

Como as estruturas de formas livres não são regidas por equações matemáticas, a modelagem pode ser realizada através do Método dos Elementos Finitos. As cascas, quando bem projetadas, aliam uma ótima resistência mecânica a uma grande economia de material. Um projeto estrutural adequado é essencial para uma ótima performance durante a vida útil e economia de material na construção.

METODOLOGIA

Inicialmente, com o uso do software AutoMalhas1.0, foi feita a geração da malha plana de polígonos regulares formada por elementos triangulares. Na sequência gerou-se a forma livre da casca com auxílio do software Ansys e também com o software Vizotto desenvolvido pelo orientador, ambos os softwares baseados na teoria de elementos finitos. Posteriormente, fez-se uma comparação das formas geométricas obtidas por meio dos dois processos. Ao final, foi verificado o comportamento da casca, com características de concreto, sob ação do peso próprio, com a forma aperfeiçoada obtida, através da análise estrutural com o emprego do software Ansys.

RESULTADOS

Comparação das Duas Formas Geradas

A Figura 1 apresenta a malha gerada pelo AutoMalhas1.0 e a simulação da forma em membrana através do Ansys. Na Figura 2, é mostrada a estrutura em planta com os eixos de simetria usados como referência para apresentação das alturas obtidas para a superfície média da casca.

A casca apresentou altura máxima de 7,48 m no centro da estrutura, altura de 3,26 m no vão central das bordas das arestas com altura máxima, cerca de 3 m nas arestas com altura mínima, espessura de 40 cm na base e 9 cm no topo, com variação parabólica ao longo da altura.

As alturas das cascas das formas obtidas pela simulação das membranas pelo Ansys e por Vizotto, ao longo dos eixos de simetria (U e V), são apresentadas nas Figuras 3 e 4.

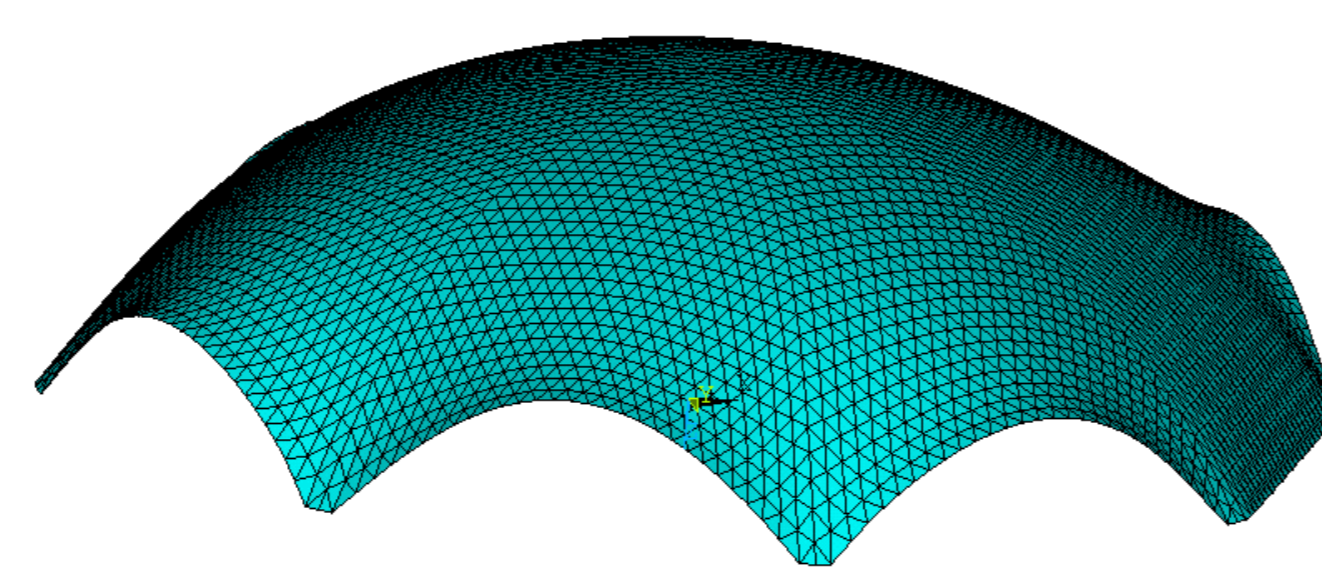


Figura 1: Casca de forma livre gerada

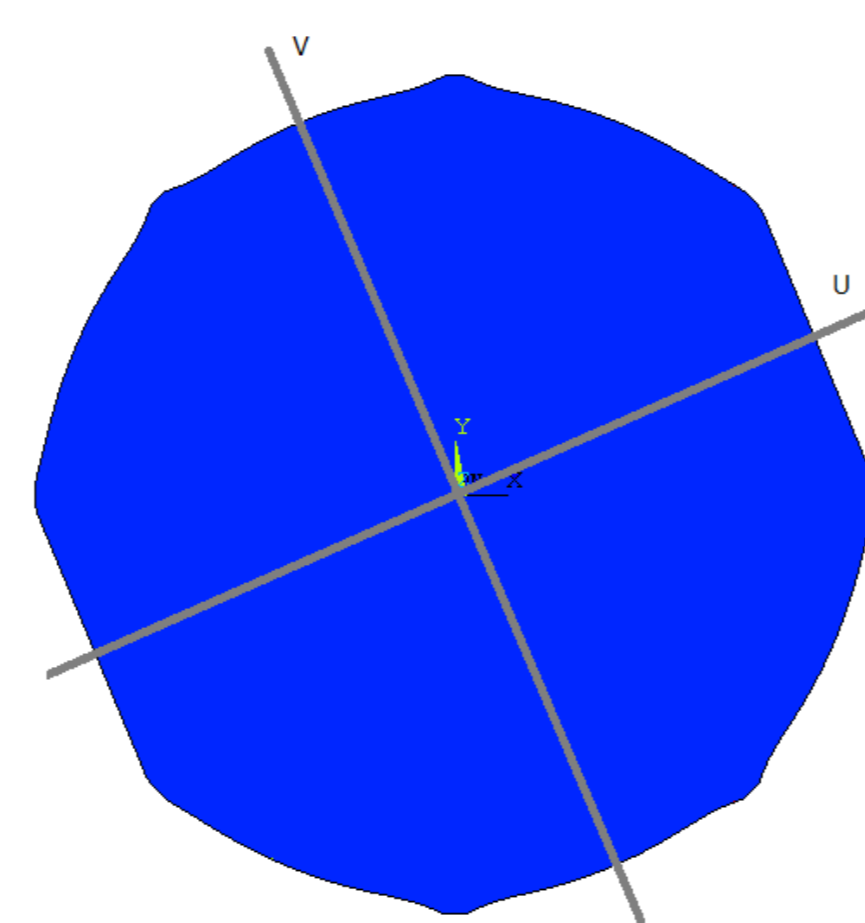


Figura 2: Casca de forma livre gerada – Planta

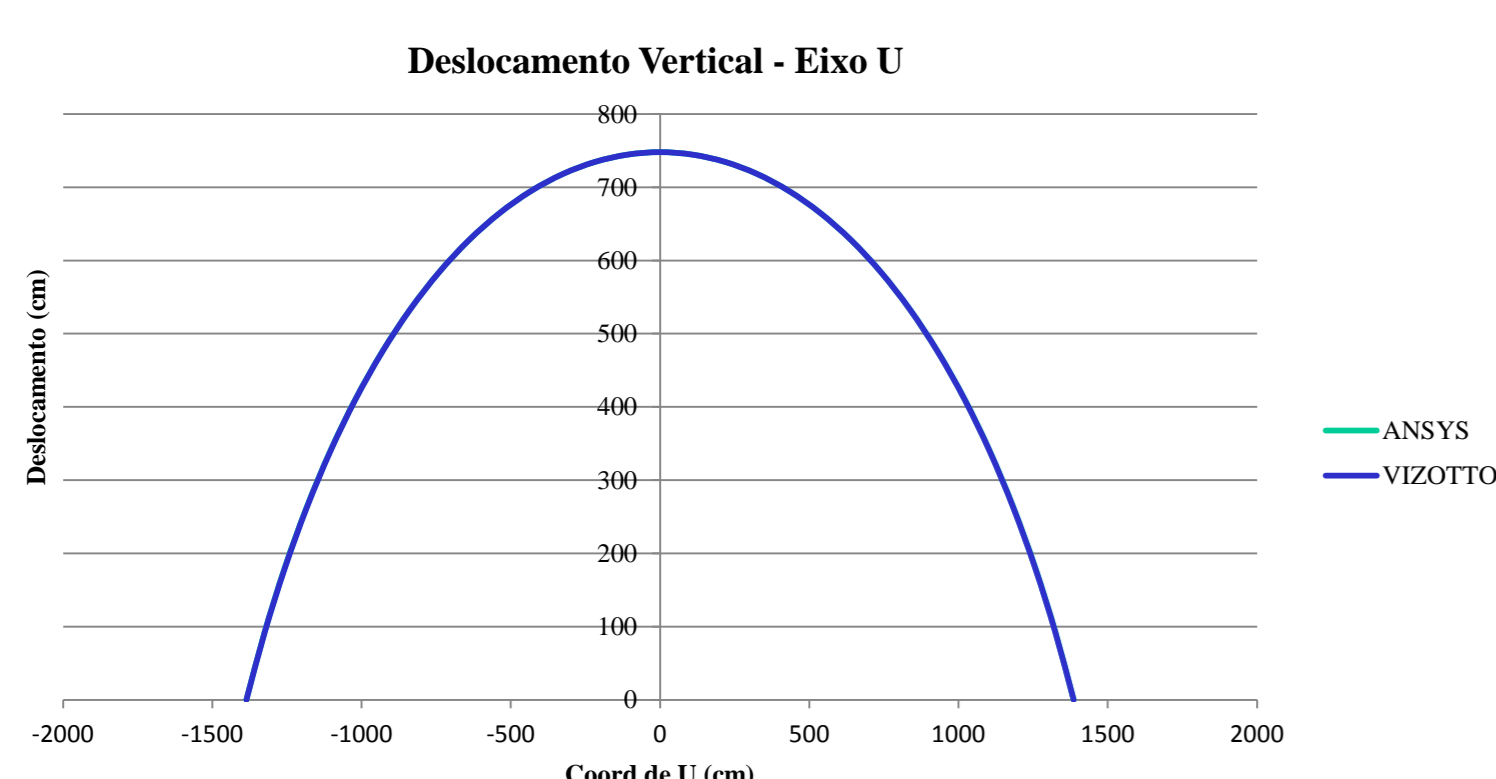


Figura 3: Altura da casca - Eixo U (cm)

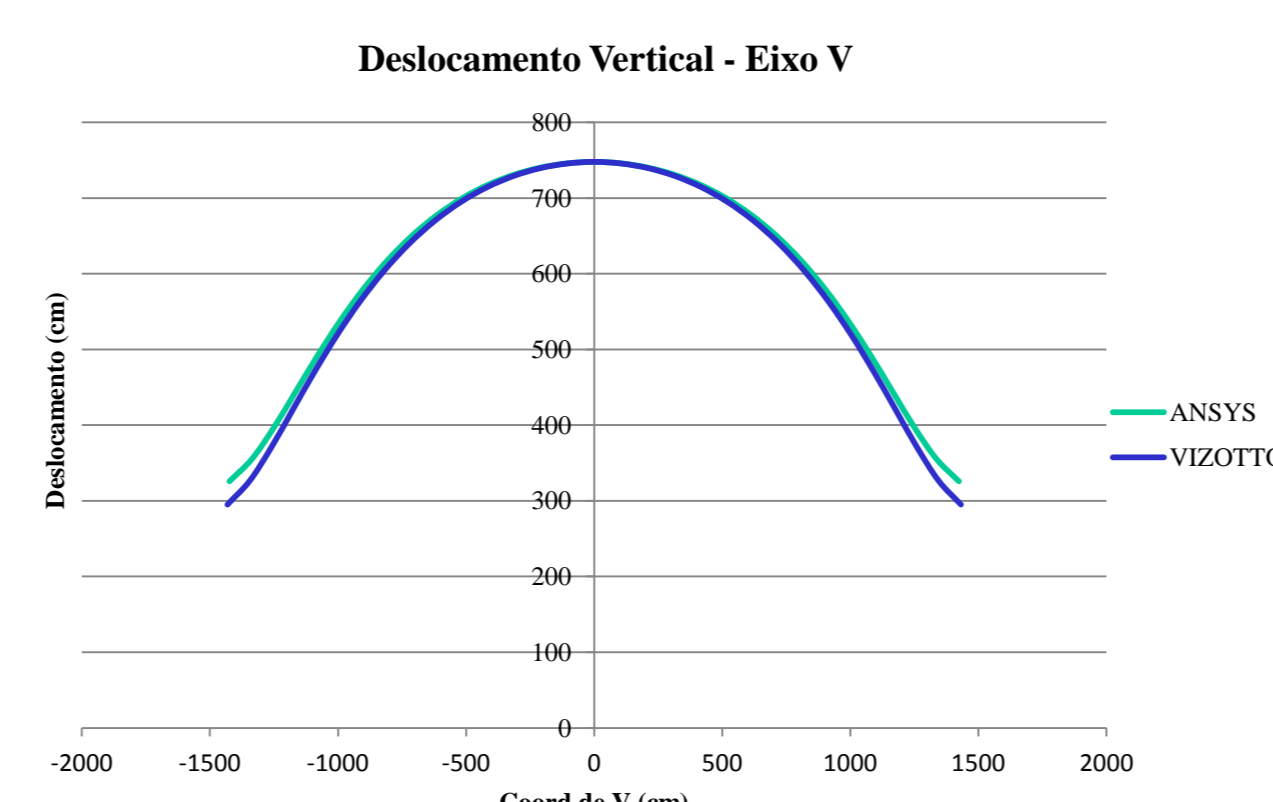


Figura 4: Altura da casca - Eixo V (cm)

REFERÊNCIAS

- VIZOTTO, I. Geração Computacional de Formas Livres de Estruturas em Casca. Tese de Doutorado, UNICAMP, Campinas, 1993.
- REKACH, V. G. Static Theory of Thin-walled Space Structures. Moscow: Mir Publishers, 1978.

Análise Estrutural da Casca de Forma Livre Gerada pelo Ansys

As Figuras 5, 6 e 7 mostram as tensões principais atuantes, e a Figura 8, os deslocamentos da superfície média da casca sob ação do peso próprio.

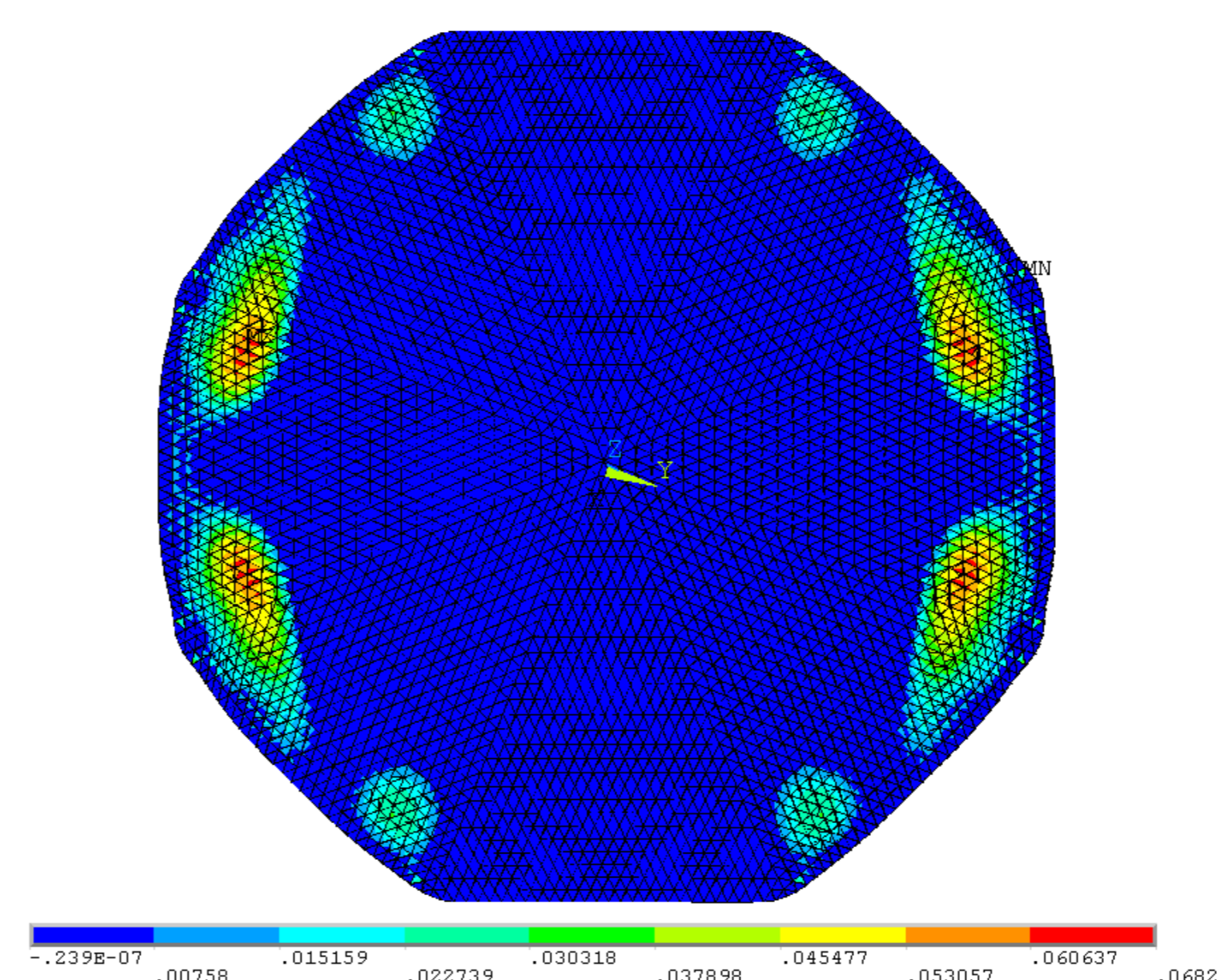


Figura 5: Tensões principais σ_1 (MPa) – Planta

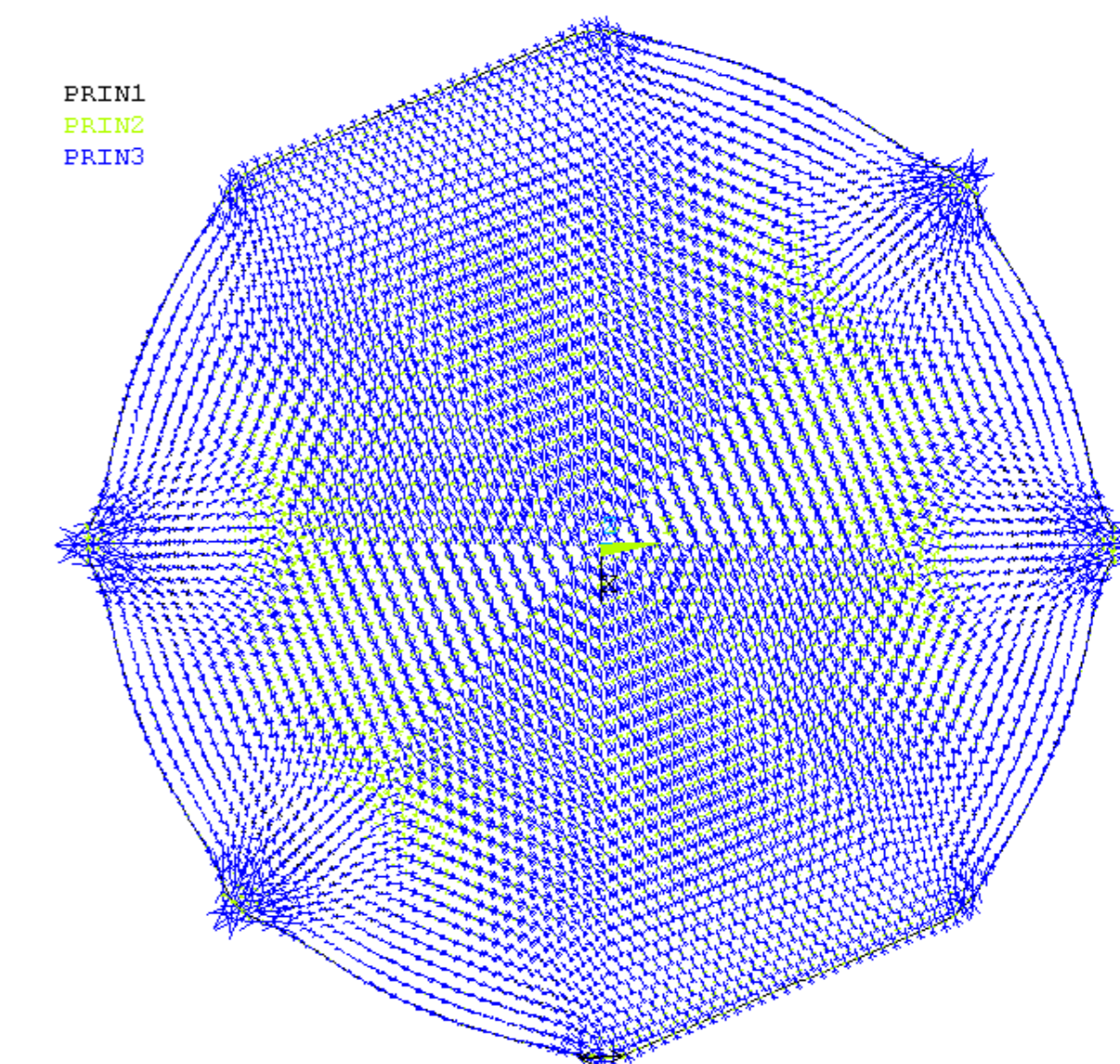


Figura 6: Esquema vetorial das tensões principais σ_1 , σ_2 e σ_3 – Planta

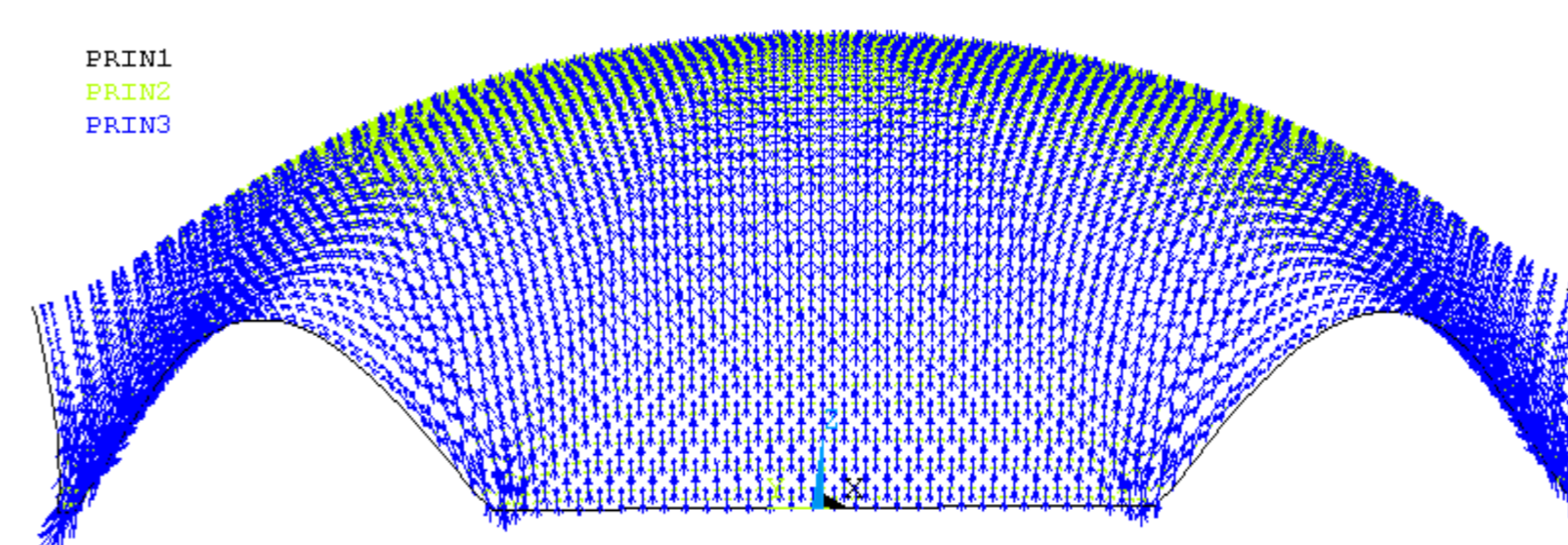


Figura 7: Esquema vetorial das tensões principais σ_1 , σ_2 e σ_3 – Vista Lateral

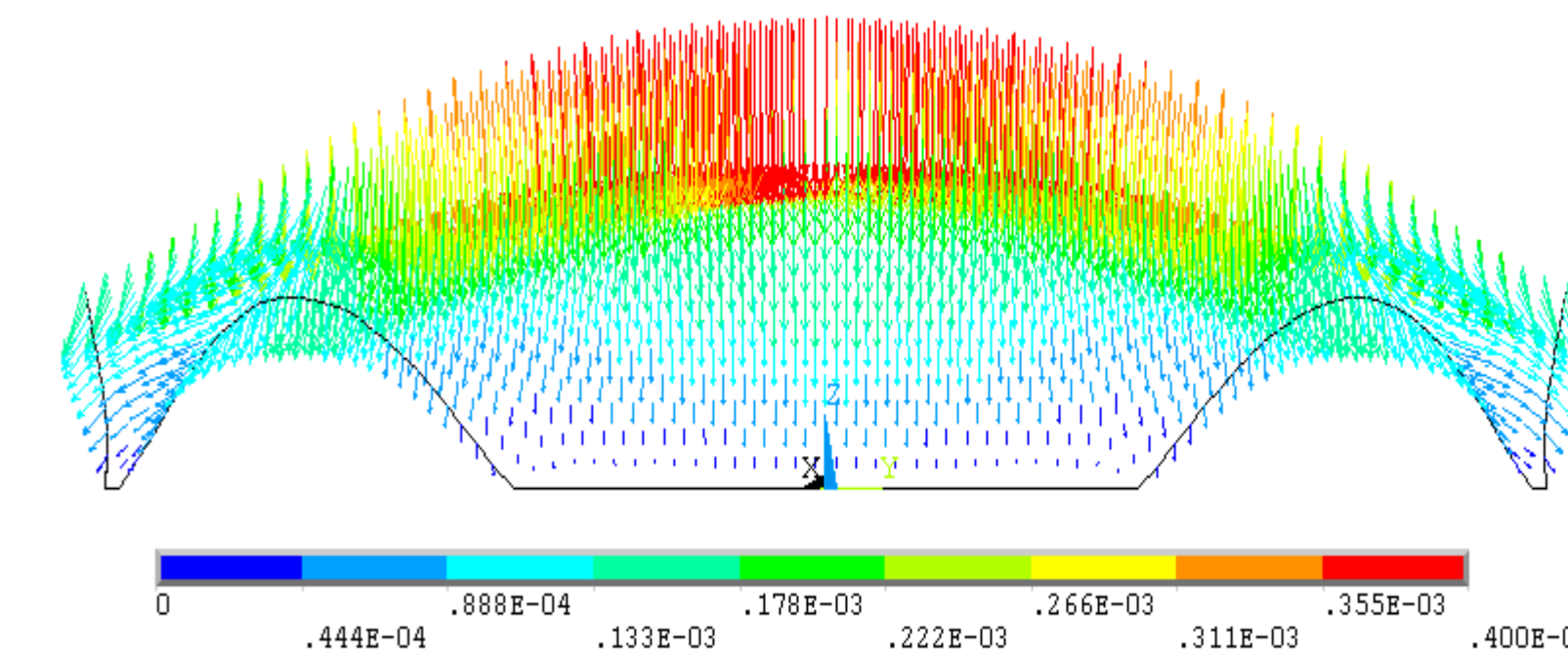


Figura 8: Esquema vetorial dos deslocamentos (m) – Vista Lateral

As Figuras 9, 10, 11 e 12 apresentam as tensões e deslocamentos ao longo dos eixos de simetria U e V da casca.

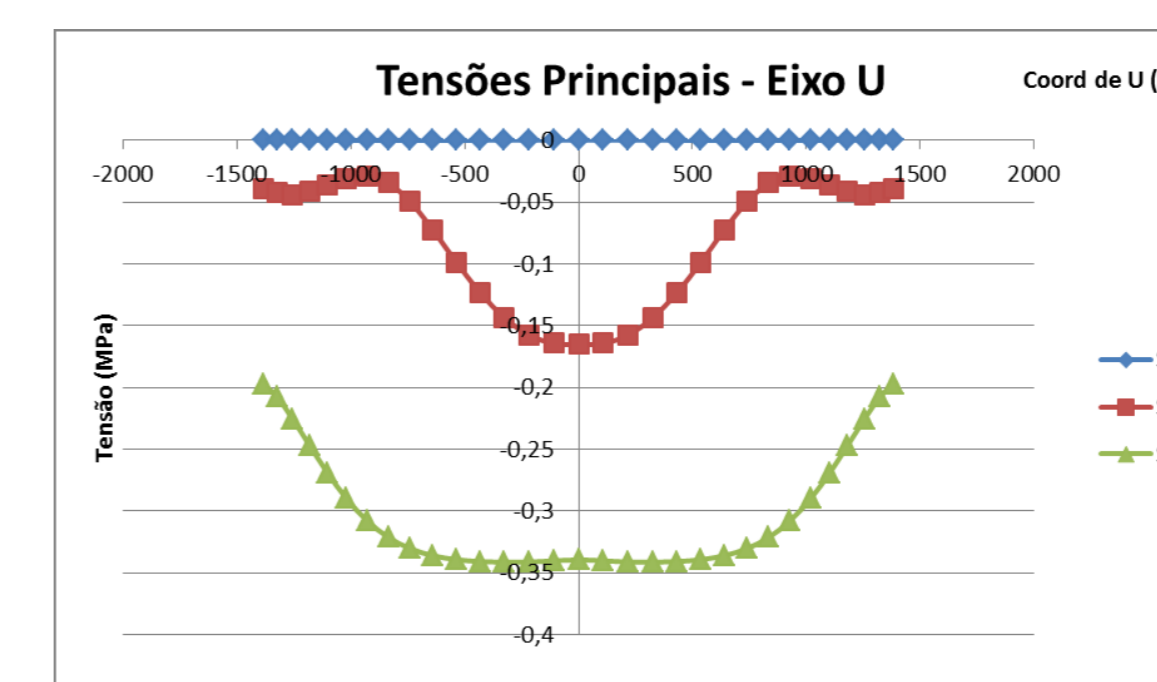


Figura 9: Tensões principais – Eixo U

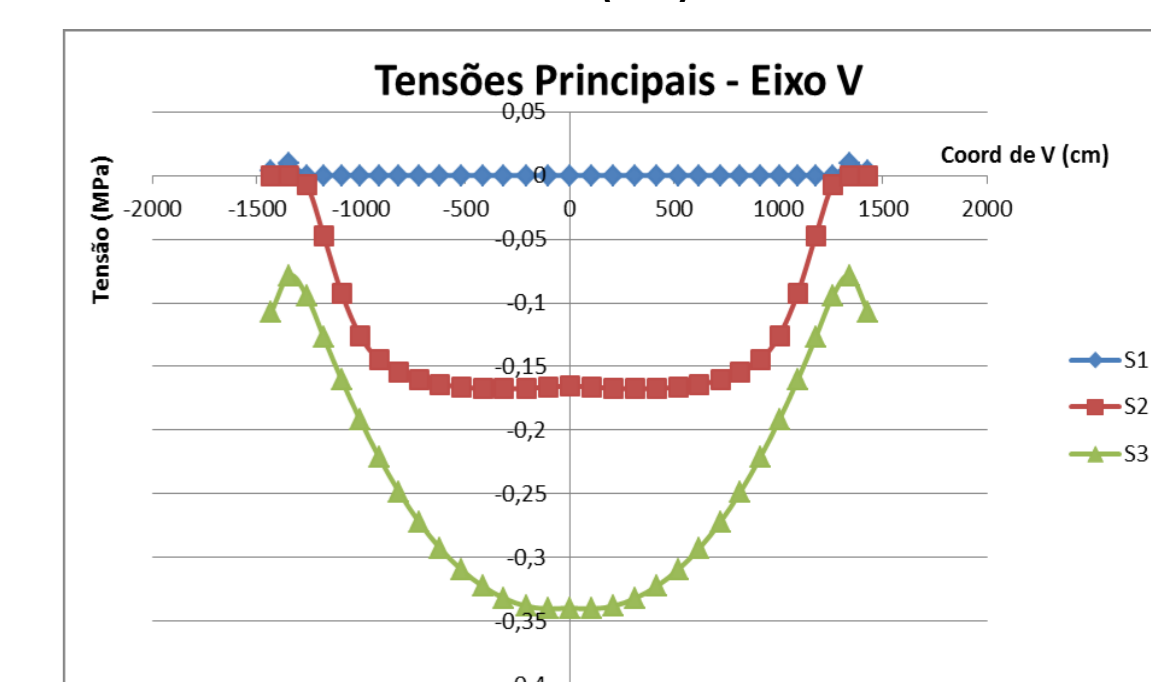


Figura 10: Tensões principais – Eixo V

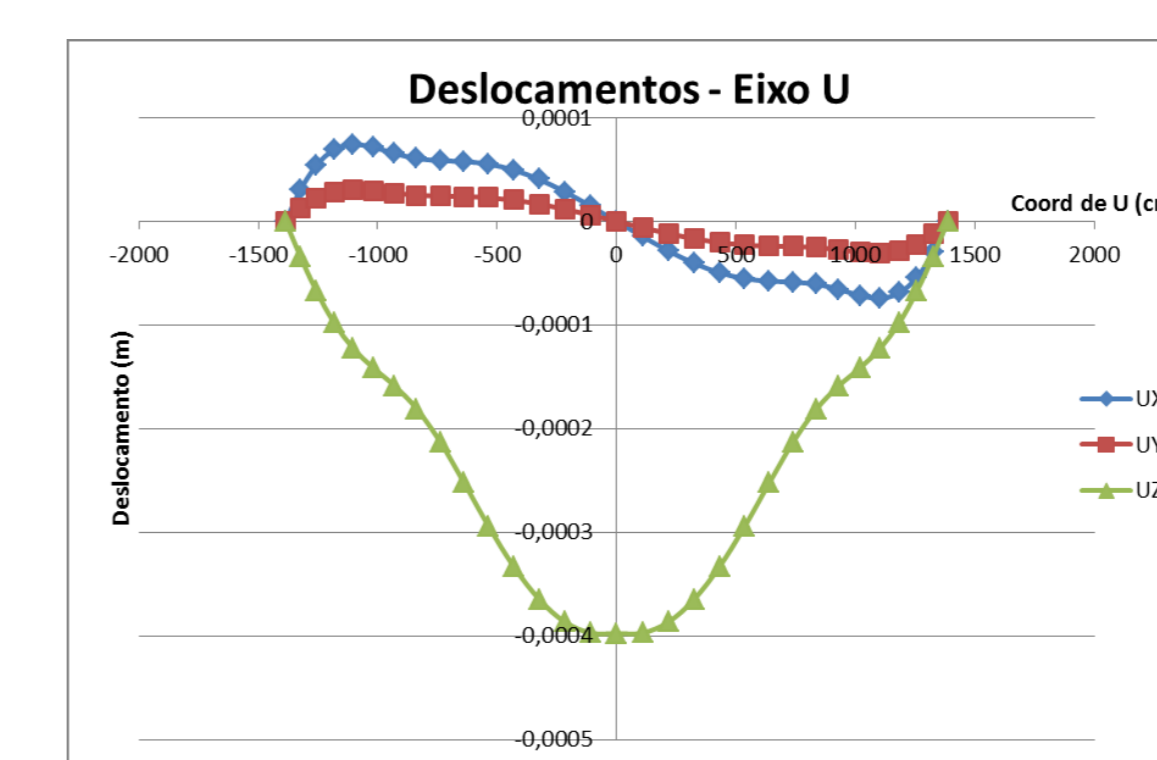


Figura 11: Deslocamentos – Eixo U

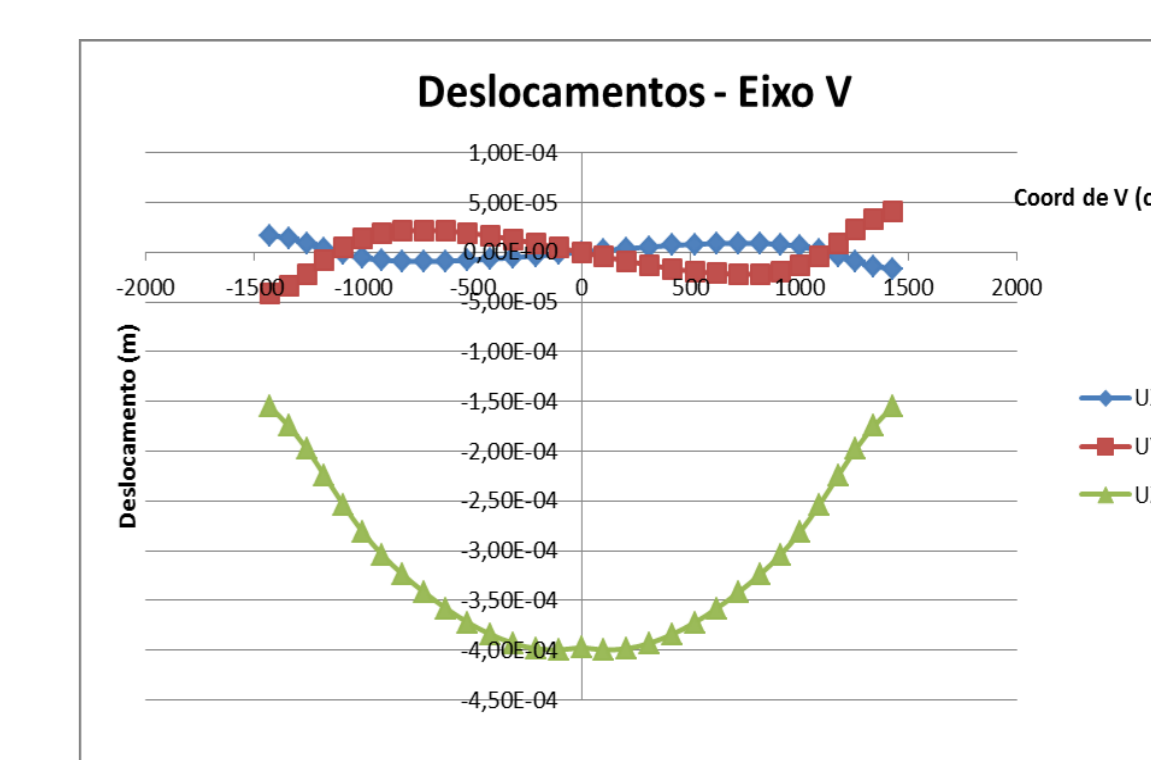


Figura 12: Deslocamentos – Eixo V

CONCLUSÕES

A estrutura em casca de forma livre gerada apresentou comportamento estrutural compatível com a Teoria de Membrana, obtendo-se uma casca de forma otimizada. A análise de tensões principais confirmam que a casca sob ação do peso próprio está submetida majoritariamente a esforços de compressão, e os deslocamentos decorrentes são pequenos e não alteram a suavidade da superfície da estrutura.

O estudo também permitiu verificar a semelhança entre as formas obtidas pela geração da estrutura em casca estudada por meio do Ansys e pelo programa desenvolvido por Vizotto.

- VIZOTTO, I. Computational Generation of Free-Form Shells in Architectural Design and Civil Engineering. Automation in Construction, v.19, p. 1087-1105, 2010.