

6

Resultados

Para a representação de objetos tridimensionais neste trabalho foi desenvolvido uma nova estrutura de dados simples e compacta chamada *CHalfEdge*. Esta nova estrutura de dados representa os índices de incidências e adjacências para malhas que contenham triângulos e /ou quadrângulos.

Com a nova estrutura de dados proposta foi possível apresentar um novo algoritmo para compressão e descompressão para malhas irregulares fechadas e com suporte a alças. Como tal este novo algoritmo é uma extensão dos trabalhos apresentados por Lopes [9] e King et al [7]. Lopes et al propuseram um algoritmo de compressão de malhas regulares com suporte a alças e King et al apresentaram um método compressão para malhas quadrangulares. Estes trabalhos têm a sua base definida no algoritmo de compressão *EdgeBreaker* para malhas triangulares apresentado por Rossignac [15].

Basicamente o algoritmo *EdgeBreaker* comprime uma malha de triângulos criando uma árvore geradora no grafo dual da superfície, onde os nós representam as faces e as linhas representam as relações de adjacências entre elas.

Na seguinte seção irá-se apresentar o ambiente computacional desenvolvido e serão mostrados alguns exemplos.

6.1

Interface do Programa Desenvolvido

O programa para compressão e descompressão de malhas irregulares foi desenvolvida na linguagem Visual C++. Os recursos gráficos para visualização, rotação, translação entre outros foi feito utilizando-se a biblioteca

OPENGL e GLUT. A interface do programa desenvolvido é mostrada nas Figuras 6.1 e 6.2.

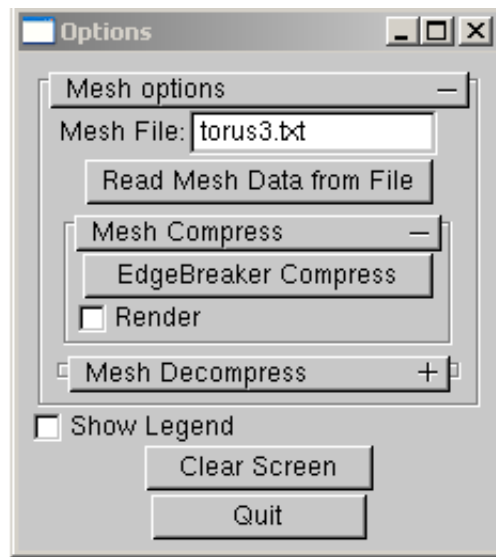


Figura 6.1: Opções do programa implementado.

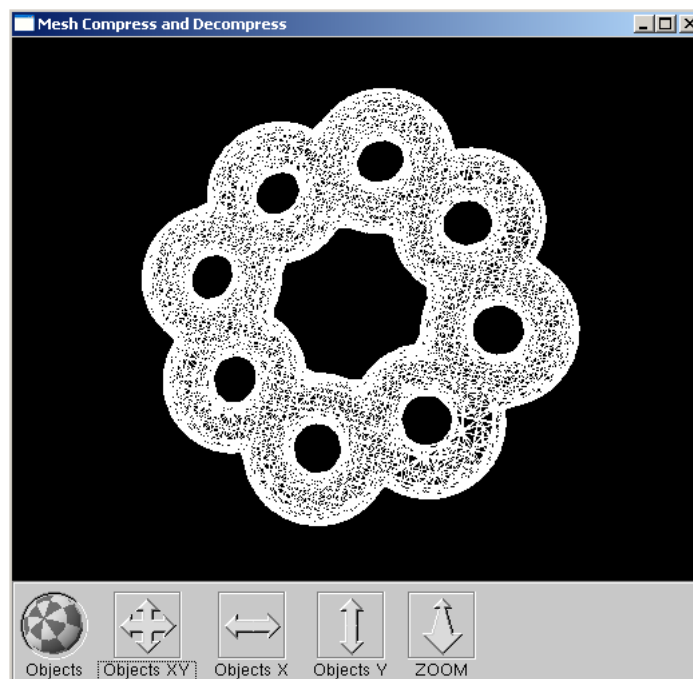


Figura 6.2: Interface do programa implementado.

O software desenvolvido para este trabalho comprime e descomprime malhas triangulares/e ou quadrangulares utilizando o novo algoritmo de compressão proposto no Capítulo 4. Para visualizar a codificação da malha comprimida a opção *Render* mostrada na Figura 6.1 aplica as seguintes texturas para cada triângulo ou quadrângulo codificado.

Caso a face corrente ao percurso do grafo dual na superfície pertencer a um triângulo as seguintes texturas são aplicadas de acordo a codificação corrente.

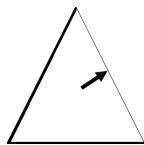


Figura 6.3: Textura triângulo de início.

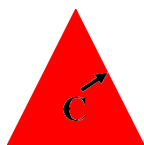


Figura 6.4: Textura triângulo do tipo C.

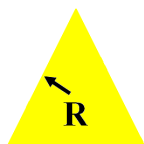


Figura 6.5: Textura triângulo do tipo R.

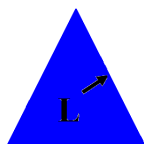


Figura 6.6: Textura triângulo do tipo L.

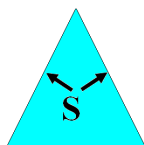


Figura 6.7: Textura triângulo do tipo S.

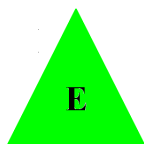


Figura 6.8: Textura triângulo do tipo E.

Caso a face corrente ao percurso do grafo dual na superfície pertencer a um quadrângulo as seguintes texturas são aplicadas de acordo a codificação corrente. Lembrando que um quadrângulo é dividido em dois triângulos adjacentes, temos três casos a considerar para o primeiro triângulo do quadrângulo os quais são codificados como c, l , ou s . O segundo triângulo é codificado normalmente aplicando as texturas mostradas na pagina anterior.

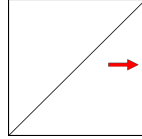


Figura 6.9: Textura quadrângulo de inicio.

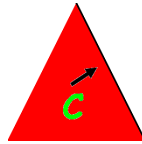


Figura 6.10: Textura triângulo do tipo c.

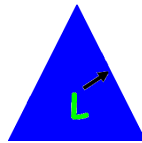


Figura 6.11: Textura triângulo do tipo l.

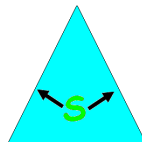


Figura 6.12: Textura triângulo do tipo s.

Desta forma aplicando-se as correspondentes texturas para cada face corrente que será comprimida e codificada com um determinado *label* pode-se visualizar o percurso do grafo dual na superfície e implicitamente o grafo primal que esta sendo gerado a cada passo da compressão. C textura indica o sentido para onde esta-se deslocando de uma face a outra adjacente.

6.2

Custo da Codificação por Vértice

Considere uma malha irregular com gênero segundo a formulação de Euler temos a seguinte equação:

$$V - E + F = 2 - 2g$$

Onde o número de arestas é :

$$E = (3T + 4Q) \div 2$$

E o número de faces é igual a :

$$F = T + Q$$

Logo, aplicando e substituindo o número de arestas e faces na formulação de Euler para uma malha que contenha gênero temos:

$$V - 3T/2 - 4Q/2 + T + Q = 2 - 2g$$

Eliminando termos iguais e multiplicando por 2:

$$V - T/2 - Q = 2 - 2g$$

$$2V - T - 2Q = 4 - 4g$$

Finalmente chegamos na seguinte equação:

$$T + 2Q = 2V - 4 + 4g$$

Para se codificar e decodificar malhas irregulares utilizam-se 8 símbolos: c , l , s , C , L , E , R , e S . O número de bits necessários para representar um determinado *label* da sequência de CLERS, é dado por $2^3 = 8$, logo serão necessários 3 bits somente para representar cada *label* indepen-

dentemente.

Para codificar um triângulo precisamos de 3 bits e para codificar um quadrângulo precisamos de 6 bits, pois um quadrângulo é dividido em dois triângulos. logo temos para uma malha irregular sem genus ($g=0$):

$$3bitsT + 6bitsQ$$

Isolando variáveis temos:

$$(T + 2Q) * (3 * bits)$$

Substituindo $T + 2Q$ na igualdade acima mostrada temos:

$$custo = (2V + 4) * (3 * bits)$$

Logo, o custo por vértice para codificar uma malha irregular sem gênero será menor ou igual a 6 bits por vértice ($g = 0$).

O custo por vértice para codificar uma malha que contenha genus é descrito a seguir:

$$custo = (T + 2Q) * (3 * bits) + 4g * \log_2(3T + 4Q)bits$$

$$custo/v = (2V - 4 + 2g) * (3 * bits) + (4g/V) * \log_2(3T + 4Q)bits$$

Logo, o custo será menor ou igual a $6 + (4g/V) * (3 + \log_2(3T + 4Q))$ bits, caso g/V seja $<< 1$.

6.3

Frequência dos labels na Compressão

A forma como foi definido cada *label* do conjunto de CLERS impõe certas restrições na frequência com que irão aparecer no resultado final de compressão. Como por exemplo ao se dividir um quadrângulo em dois triângulos adiciona-se uma aresta que ainda não foi visitada. Logo se o primeiro triângulo de um quadrângulo começa com uma letra do tipo c, a segunda letra não pode ser um L ou E.

A tabela 6.1 lista as malhas que serão utilizadas para verificar a ocorrência da frequência de cada *label* para um triângulo ou um quadrângulo. Esta tabela mostra a quantidade de vértices, quantidade de faces triangulares e/ou faces quadrangulares que a malha possui.

Modelo	NV	NT	NQ
Bunny.txt	4838	9672	0
Cow.txt	2904	5804	0
Horse.txt	48485	96966	0
Blooby.txt	42432	84880	0
Dino.txt	927	1850	0
Fandisk.txt	6475	12946	0
torus.txt	9392	18816	0
pig.txt	3522	7040	0
nsphere.txt	2502	100	2450
star.txt	212	60	180
knot.txt	1997	0	1996
cad1.txt	12415	8688	8027
cad2.txt	26241	2	26256
cad3.txt	5215	6418	2014
cad4.txt	4761	50	4744

Tabela 6.1: Modelos utilizados

A Tabela 6.2 e a Tabela 6.3 mostra a frequência de ocorrência dos *labels* que são necessários para codificar um triângulo ou um quadrângulo dependendo do tipo de malha utilizada.

Modelo	#C	#L	#E	#R	#S
Bunny.txt	4835	78	377	4005	376
Cow.txt	2901	78	166	2493	165
Horse.txt	48482	290	1370	45454	1369
Blooby.txt	42429	689	3594	34564	3603
Dino.txt	924	37	88	713	87
Fandisk.txt	6472	75	170	6059	169
torus.txt	9389	591	1038	6742	1055
pig.txt	3519	102	185	3049	184

Tabela 6.2: Frequência de ocorrência de CLERS para triângulos.

Clers/Modelo	Nsphere	Star	Cad1	Cad2	Cad3	Cad4	Knot
# C	49	0	4263	0	3210	26	0
# L	0	0	91	0	124	4	0
# E	1	59	151	0	254	5	0
# R	49	0	3924	1	2579	14	0
# S	0	0	154	0	250	0	0
# cC	49	89	422	4477	260	773	400
# cR	2352	3	7164	15337	1372	2918	1191
# cS	0	28	11	116	13	14	0
# lC	0	0	66	1804	94	245	0
# lL	0	0	14	147	16	32	0
# lE	0	0	18	446	18	72	1
# lR	0	29	88	1006	60	179	6
# lS	0	0	2	21	1	2	0
# sC	0	0	1	27	3	9	0
# sL	0	30	6	133	7	32	2
# sE	49	1	187	2578	163	439	394
# sR	0	0	6	162	7	29	0
# sS	0	0	0	2	0	0	0

Tabela 6.3: Frequência de ocorrência de CLERS para triângulos e quadrângulos.

6.4

Malhas utilizadas

Nesta seção mostram-se algumas das malhas que foram utilizadas para testar o algoritmo proposto para compressão e descompressão de malhas triangulares e/ou quadrangulares.

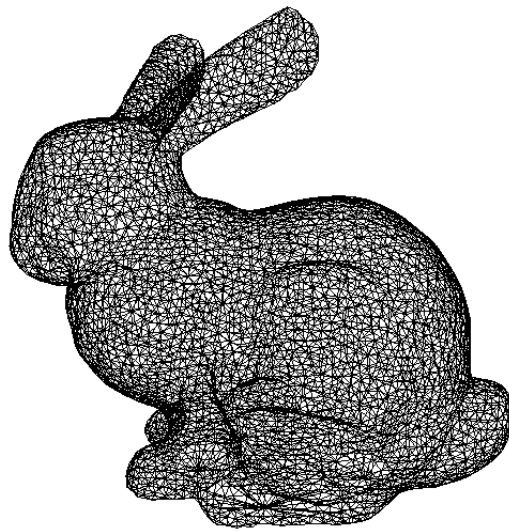


Figura 6.13: Bunny (9672 faces triangulares).

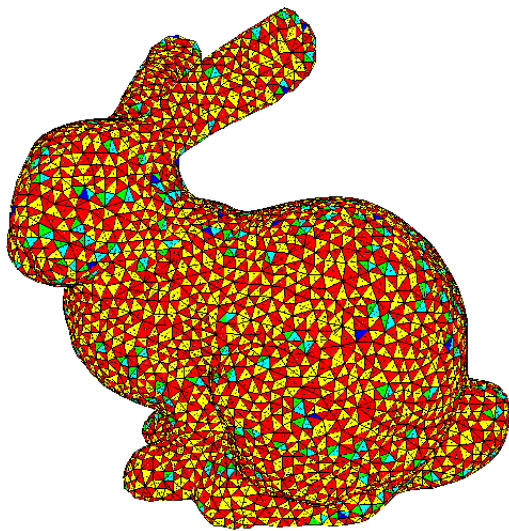


Figura 6.14: Bunny (9672 faces triangulares, com a codificação CLERS).

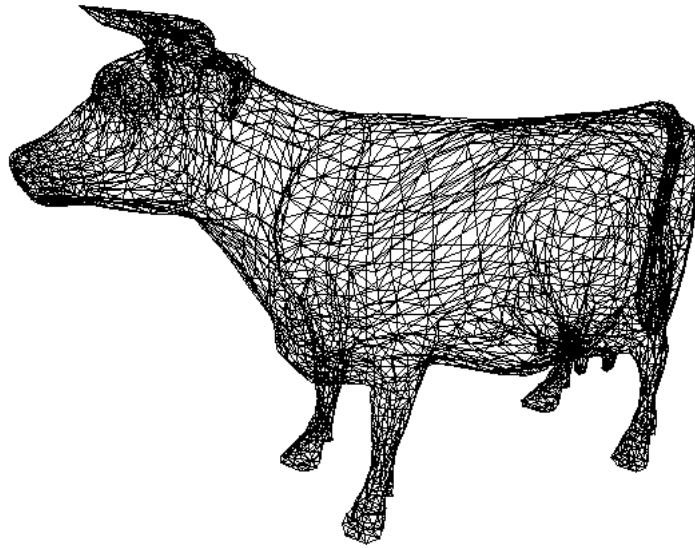


Figura 6.15: Cow (5804 faces triangulares).

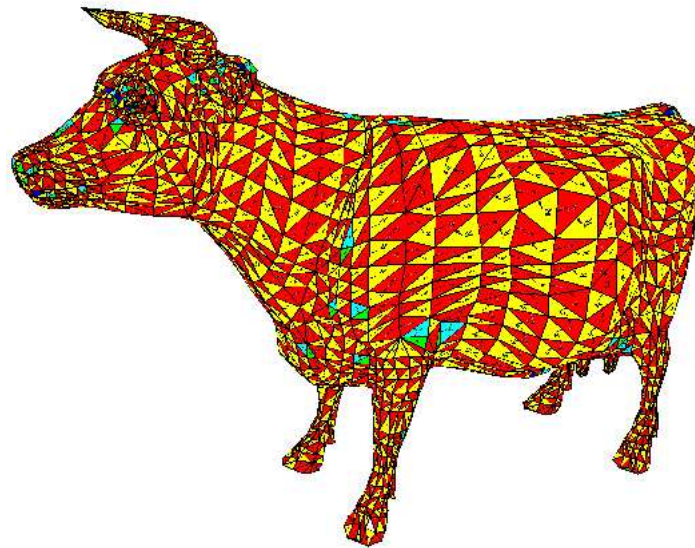


Figura 6.16: Cow (5804 faces triangulares, com a codificação CLERS).

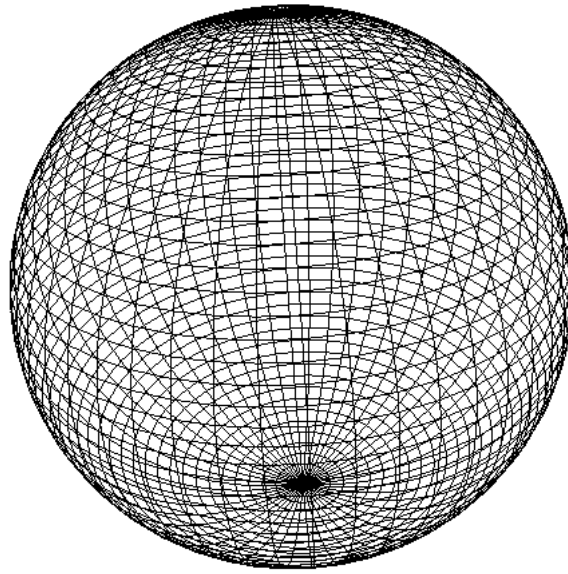


Figura 6.17: Sphere (100 faces triangulares, 2450 faces quadrangulares).

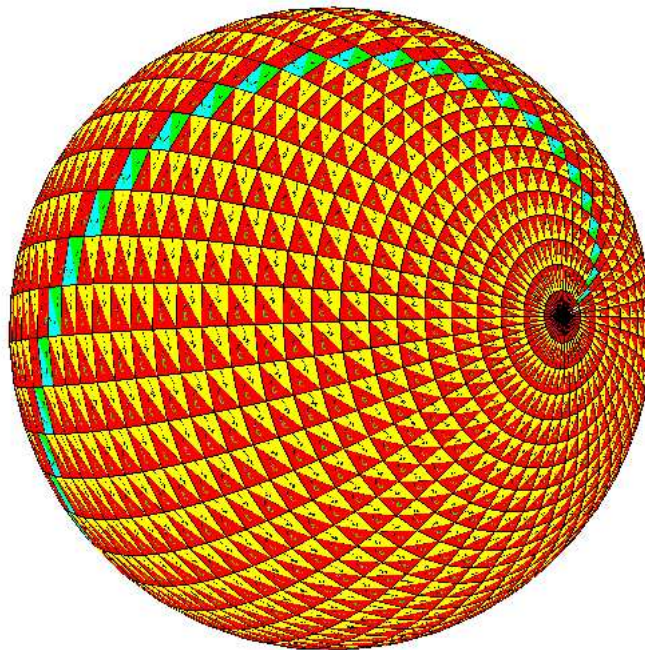


Figura 6.18: Sphere (100 faces triangulares, 2450 faces quadrangulares, com a codificação CLERS).

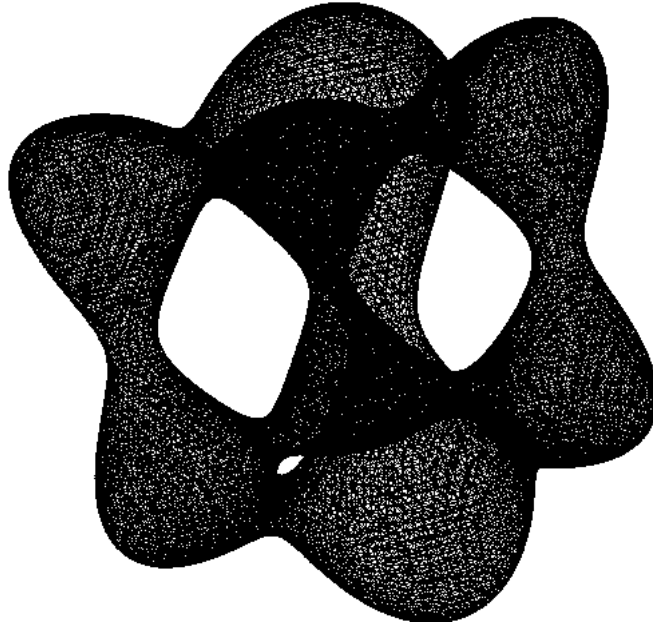


Figura 6.19: Blooby (84880 faces triangulares e gênero = 6).

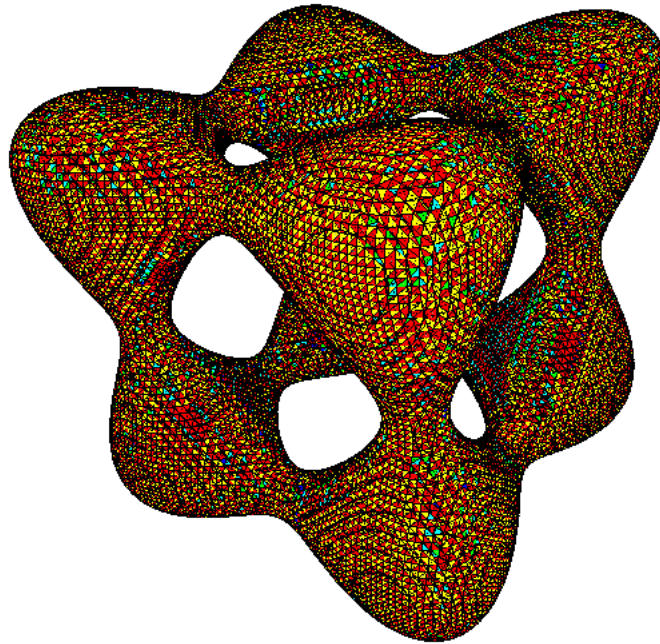


Figura 6.20: Blooby (84880 faces triangulares, com a codificação CLERS).

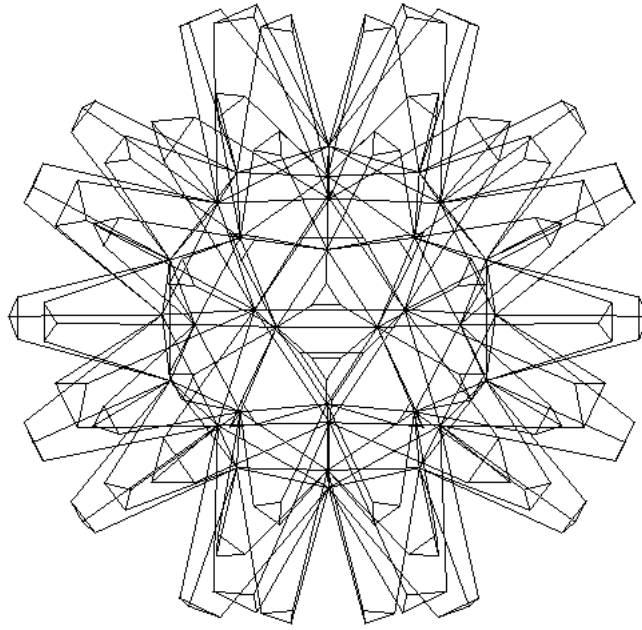


Figura 6.21: Star (60 faces triangulares, 180 faces quadrangulares).

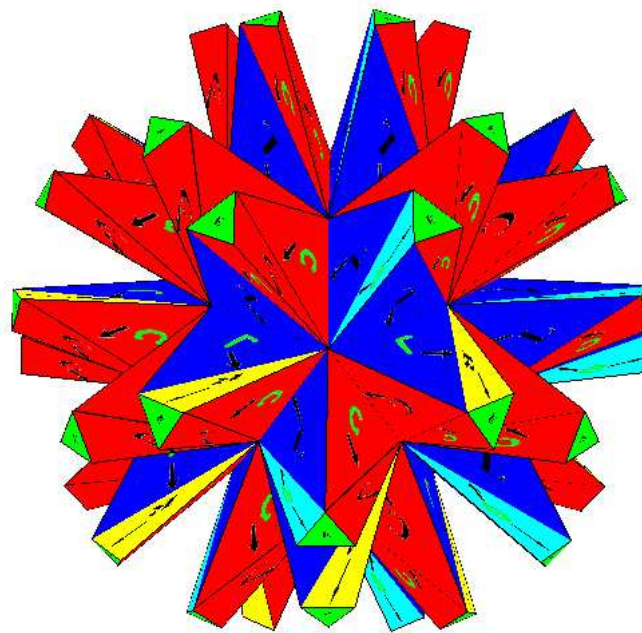


Figura 6.22: Star (60 faces triangulares, 180 faces quadrangulares, com a codificação CLERS).

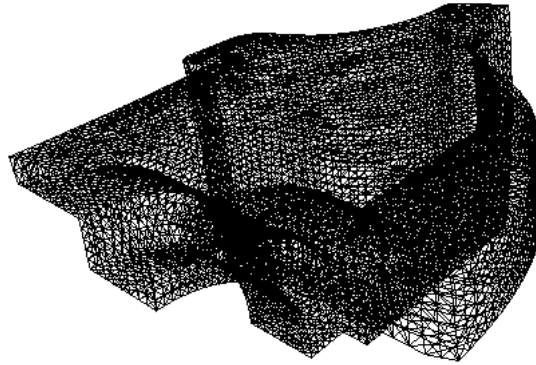


Figura 6.23: Fandisk (6475 faces triangulares).

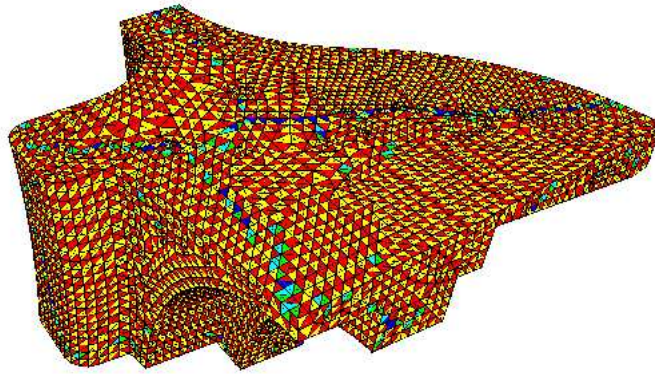


Figura 6.24: Fandisk (6475 faces triangulares, com a codificação CLERS).

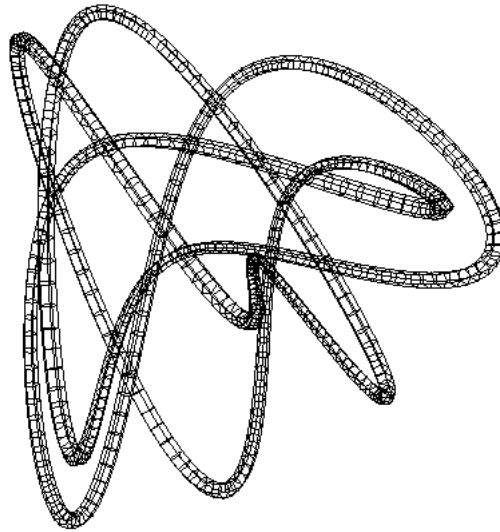


Figura 6.25: Knot (1996 faces quadrangulares).

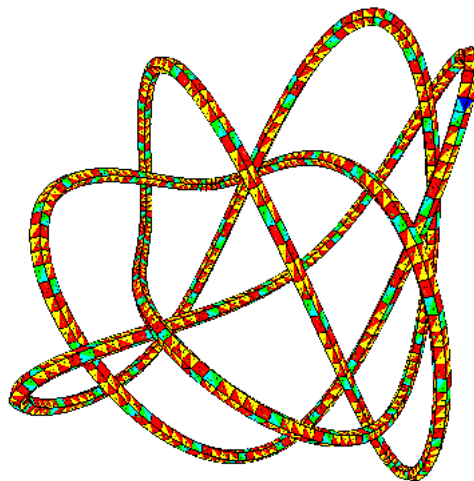


Figura 6.26: Knot (1996 faces quadrangulares, com a codificação CLERS).

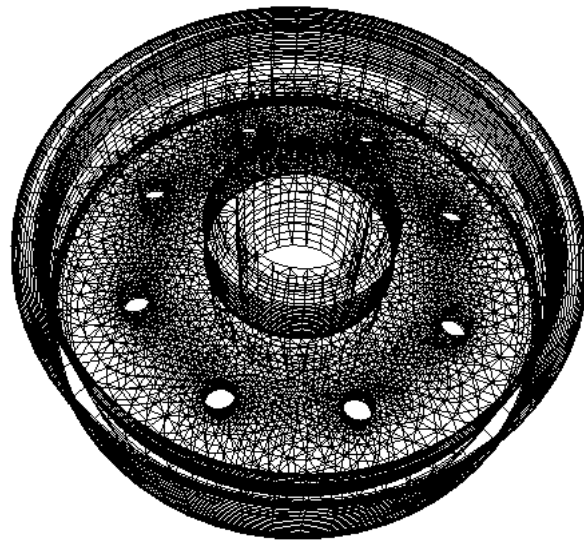


Figura 6.27: Cad1 (8688 faces triangulares e 8027 faces quadrangulares, $\text{g\^e}n\text{u}s = 9$).

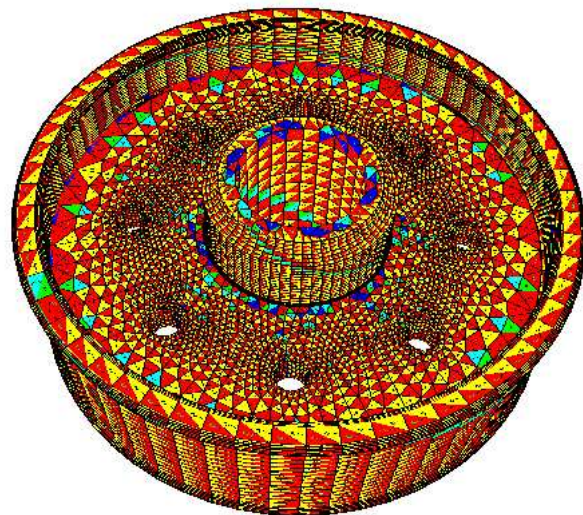


Figura 6.28: Cad1 (8688 faces triangulares e 8027 faces quadrangulares, com a codificação CLERS).

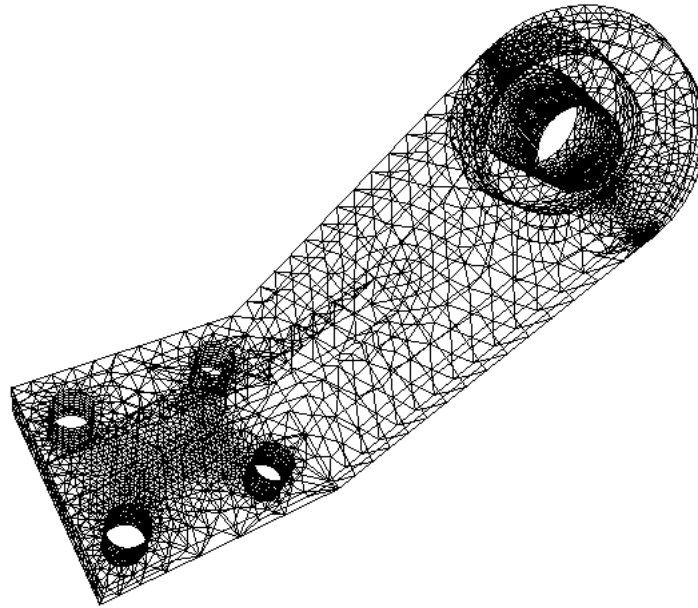


Figura 6.29: Cad3 (6418 faces triangulares e 2014 faces quadrangulares, gênero = 5).

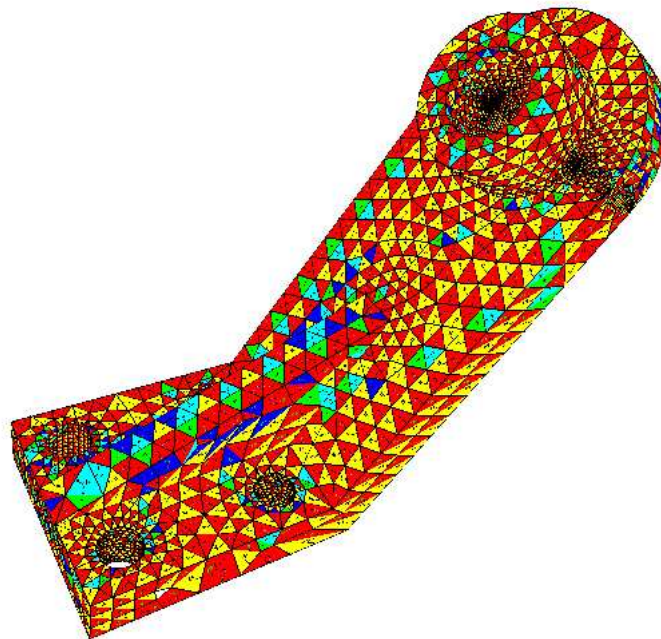


Figura 6.30: Cad3 (6418 faces triangulares e 2014 faces quadrangulares, com a codificação CLERS).

Como pode ser observado nos exemplos, o algoritmo é capaz de codificar malhas irregulares de triângulos e/ou quadrângulos com número arbitrário de gênero. Foram apresentadas malhas com elevado número de elementos, provenientes de variadas aplicações: artística, funções implícitas, peças provenientes de software de análise de elementos finitos, etc.