



**Simpósio de Métodos
Numéricos em Engenharia**

25 a 27 de outubro, 2017

Um algoritmo para criação de malhas CAD unidimensionais à partir da análise de imagens

Mateus Rauen, Roberto Dalledone Machado, Marcos Arndt
Programa de Pós Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia,
Universidade Federal do Paraná,
Curitiba, Brasil

Resumo—Com o surgimento dos métodos numéricos baseados em mapeamento CAD, como a Análise Isogeométrica, algumas vantagens relacionadas à construção de malha foram obtidas. Contudo uma questão que mantém-se em discussão no atual desenvolvimento do método é a importação de uma representação CAD para uma malha coerente que possa ser utilizada como parâmetros para uma modelagem numérica. Este trabalho apresenta um algoritmo de reconhecimento de imagem e ajuste polinomial com a utilização das funções NURBS, base fundamental do CAD. Os principais elementos do algoritmo são discutidos e dois exemplos de verificação são desenvolvidos a fim de validar a convergência do método.

Palavras-chave— CAD, análise Isogeométrica, reconhecimento de imagens, formação de malha

I. INTRODUÇÃO

O uso da tecnologia CAD para a formação de malhas para métodos numéricos discretos obteve um melhor aprimoramento com o surgimento da análise isogeométrica [1], onde um mapeamento global à partir de uma geometria CAD é possível devido ao fato do processo de discretização ocorrer no espaço paramétrico. Os resultados da análise isogeométrica para problema de estática e dinâmica dos sólidos foram vantajosos se comparados com o método dos elementos finitos [2, 3]. Contudo as técnicas e rotinas com relação à exportação de uma representação CAD para uma malha isogeométrica ainda encontram-se em discussão na literatura. Este trabalho apresenta um estudo sobre extração de malhas NURBS à partir de imagens que expressam condições geométricas quaisquer.

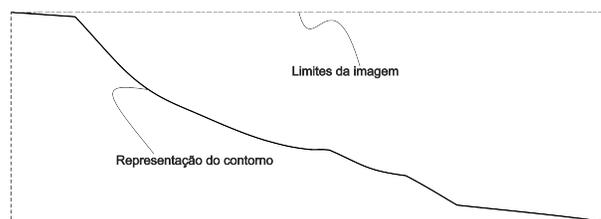


Figura 1: *Representação da imagem exemplo*

II. DESCRIÇÃO DO ALGORITMO

A. Extração de pontos do contorno de uma imagem

Uma imagem é descrita por um conjunto de matrizes que expressam referências de cor pixel à pixel, o que permitiu o desenvolvimento de muitos estudos sobre morfologia e reconhecimento topológico de imagens. Uma série de métodos e algoritmos para o tratamento morfológico de imagens são dados por [4] e [5]. A extração de imagem utilizada neste algoritmo se dá na análise pixel à pixel de um contorno fino. Para tanto, a imagem deve estar limitada em um espaço de medida conhecida e a representação do desenho estar em alto gradiente de cor em relação ao fundo. A figura 1 representa um perfil de aterro obtido em um software CAD que será utilizado aqui como exemplo de implementação.

A primeira etapa da análise está em extrair a condição booleana para os contornos da imagem pixel à pixel. O registro dos pontos que sofrem alto gradiente de cor gera uma malha pixel à pixel dos pontos que representam o contorno. A fim de estabelecer a posição destes

pontos em sua verdadeira escala, a matriz da imagem é mapeada para um *grid* de medidas conhecidas.

B. Ajuste através das funções NURBS

A malha de pontos gerada através da imagem é utilizada para obter um ajuste com minimização através do método dos mínimos quadrados e funções bases NURBS (*Non Uniform Rational b-splines*). A principal ideia é partir de uma base NURBS e obter um conjunto de pontos de controle e pesos que se adequem à nuvem de pontos indicada. As NURBS são obtidas através das funções b-splines. Dado uma subdivisão Ξ e um grau polinomial p , uma base b-spline é obtida através da recursão:

$$N_{i,0}(\xi) = \begin{cases} 1 & \text{if } \xi_i \leq \xi < \xi_{i+1}, \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}, \quad (1)$$

para $p = 0$ e

$$N_{i,p}(\xi) = \frac{\xi - \xi_i}{\xi_{i+p} - \xi_i} N_{i,p-1}(\xi) + \frac{\xi_{i+p+1} - \xi}{\xi_{i+p+1} - \xi_{i+1}} N_{i+1,p-1}(\xi). \quad (2)$$

para $p > 0$. Uma curva C obtida através das NURBS é um mapeamento do espaço paramétrico ξ para um conjunto (X, Y) na forma

$$C(\xi) = \sum_{i=1}^n R_{i,p} B_i. \quad (3)$$

onde $R_{i,p}$ são as funções NURBS, que representam as b-splines com influência do peso, característica da geometria projetiva [6].

Onde B_i representam os pontos de controle e w_i os pesos, incógnitas do problema de ajuste. A imposição da condição de minimização do método dos mínimos quadrados para uma dada nuvem de pontos e uma base b-spline leva ao seguinte equacionamento [7]:

$$\begin{cases} B \cdot X = \bar{X} \cdot B \cdot w \\ B \cdot Y = \bar{Y} \cdot B \cdot w \end{cases} \quad (4)$$

onde \bar{X} , \bar{Y} são as matrizes de observação da nuvem, B é a matriz contendo as b-splines nos pontos de colocação e X , Y as coordenadas dos pontos de controle.

III. RESULTADOS

As figuras 2 e 3 representam a comparação da imagem em sua escala real e o resultado da interpolação para um conjunto b-splines de grau polinomial $p = 2$ com respectivamente 10 e 20 elementos.

IV. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou um algoritmo para a obtenção de malhas através de imagens sob um ponto de vista da engenharia reversa. O

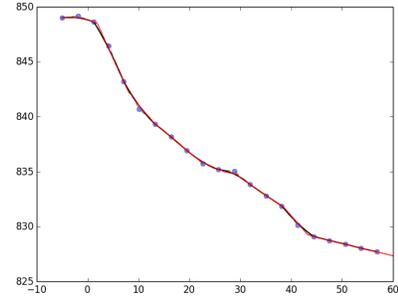


Figura 2: Malha com 10 elementos

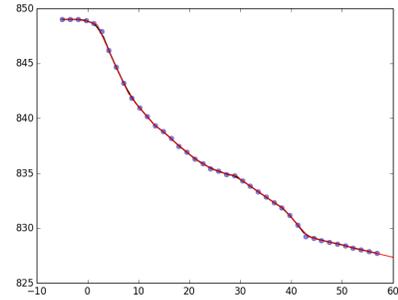


Figura 3: Malha com 20 elementos

algoritmo desenvolvido mostra eficácia na obtenção da nuvem de pontos e os experimentos mostram a capacidade de convergência das funções NURBS sobre a nuvem de pontos determinada.

REFERÊNCIAS

- [1] T J R Hughes, J A Cottrell, and Y Bazilevs. Isogeometric analysis: Cad, finite elements, nurbs, exact geometry and mesh refinement. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 194: 4135–4195, 2005.
- [2] J A Cottrell, A Reali, Y Bazilevs, and T J R Hughes. Isogeometric analysis of structural vibrations. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 195:5257–5196, 2006.
- [3] Mateus Rauen, Roberto Dalledone Machado, and Marcos Arndt. Isogeometric Analysis of Free Vibration of Framed Structures : Comparative Problems. *Engineering Computations*, 34(2), 2017.
- [4] Y.V. Vizilter, Y.P. Pyt'ev, A.I. Chulichkov, and L.M. Mestetskiy. Morphological image analysis for computer vision applications. *Computer Vision in Control Systems*.
- [5] Raman Maini and Himanshu Aggarwal. Study and comparison of various image edge detection techniques. *International Journal of Image Processing*, 3:1–12.
- [6] G E Farin. *NURBS: from projective geometry to practical use*. A K Peters, Natick, 2 edition, 1999.
- [7] W. Ma and J. P. Kruth. Nurbs curve and surface fitting for reverse engineering. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 14:918–927.