

Simulador Háptico para Preparo de Dentes

Tales Nereu Bogoni^{1,2,3}, Márcio Sarroglia Pinho^{1,3}

¹Grupo de Realidade Virtual (GRV) - Faculdade de Informática (PUCRS)
Porto Alegre - RS

²Departamento de Computação – Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)
Campus Universitário do Vale do Teles Pires - Colider - MT

³Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Medicina Assistida por Computação
Científica (INCT-MACC) – Petrópolis - RJ

tales@unemat.br, pinho@pucrs.br

Abstract. *This paper presents a Virtual Reality simulator equipped with haptic devices which aims to simulate the preparation of teeth to receive restorations or endodontic treatment. This task involves uses of rotatory drill tools for removing small portions of the enamel and dentin from tooth. The paper describes in general terms the simulator developed, the process of virtual teeth modeling and the adaptation of a haptic device with 3 degrees-of-freedom to 6 degrees-of-freedom.*

Resumo. *Este trabalho apresenta um simulador de Realidade Virtual equipado com dispositivos hápticos que tem como objetivo simular o preparo de dentes para receber restaurações ou tratamento endodôntico. Este tipo de tarefa envolve a utilização de ferramentas rotatórias para remover pequenas porções de esmalte e dentina do dente. O trabalho descreve em linhas gerais o simulador desenvolvido, o processo de criação dos dentes virtuais e a adaptação de um dispositivo háptico com 3 graus de liberdade para 6 graus de liberdade.*

1. Introdução

O preparo de dentes é um tratamento biomecânico que tem o objetivo de remover tecidos contaminados por cáries ou que possuam qualquer outro tipo de lesão que ataca as partes duras de um dente (esmalte e dentina), fazendo com que a estrutura restante do dente esteja apta a receber o material restaurador. Durante o preparo dos dentes é necessário que o dentista realize a remoção do material danificado, normalmente utilizando instrumentos rotatórios de corte equipados com pontas diamantadas de diferentes formatos. Em procedimentos endodônticos é necessário realizar a abertura coronária do dente, ou seja, deve ser removida uma grande parte das camadas de esmalte e dentina do dente a fim de facilitar o acesso das limas endodônticas aos canais radiculares.

Durante o processo de treinamento os estudantes de odontologia geralmente utilizam dentes naturais extraídos ou dentes artificiais produzidos em resina, inseridos em um manequim ou manipulados nas mãos do aluno. Alguns problemas ocorrem na utilização destes dentes, como por exemplo, a obtenção de dentes naturais esbarra em

problemas éticos devido à pequena quantidade de Bancos de Dentes Humanos. No caso de dentes artificiais o material que compõe o dente possui rigidez uniforme, impossibilitando ao aluno identificar as camadas de esmalte, dentina e polpa que formam o dente, dificultando o emprego da força correta para a remoção de cada material. Além disto, em ambos os tipos de dentes, nem sempre é possível colocar o aluno em situações específicas, pois os dentes que estão a sua disposição não possuem todas as características necessárias para o aprimoramento dos estudos, como por exemplo, dentes com calcificação interna, raízes múltiplas ou formação irregular.

Com a inclusão de novas ferramentas no processo de ensino-aprendizagem as técnicas de Ensino Assistido por Computador (*Computer-Assisted Learning – CAL*) vêm sendo utilizadas como apoio ao ensino de odontologia, como demonstra o trabalho de Al-Jewair et al. (2010). Algumas instituições de ensino já vêm utilizando simuladores híbridos ou baseados em Realidade Virtual (RV) para simular o paciente durante a etapa de treinamento pré-clínico. Visando aumentar o grau de realismo destes simuladores, mais recentemente, começaram a ser utilizados dispositivos de interação háptica, que são equipamentos responsáveis por fornecer ao usuário sensação de toque e força similares aquelas sentidas ou exercidas quando os procedimentos são executados em pacientes reais (Oakley et al., 2000).

O objetivo deste trabalho é apresentar um simulador baseado em RV voltado para a área de odontologia que visa aumentar as habilidades de alunos de odontologia nas tarefas de preparo de dentes e abertura coronária. Para isto é necessário que sejam utilizados dentes e instrumentos virtuais realísticos e que o simulador seja equipado com um dispositivo háptico capaz de reproduzir na mão do usuário as sensações referentes ao toque que ocorre no Ambiente Virtual (AV) durante a interação da ferramenta com o dente.

2. Características do simulador

No modelo conceitual de simuladores equipados com dispositivos hápticos proposto por Salisbury et al. (2004), as tarefas do sistema são divididas em 3 grupos, classificadas de acordo com a necessidade de processamento de cada uma, sendo que todas devem ser executadas em paralelo para otimizar os recursos computacionais. A primeira tarefa é responsável pelo render háptico, que consiste em detectar colisões, calcular o retorno de força e atualização dos dispositivos hápticos, sendo realizada na frequência de 1 Khz. A segunda tarefa diz respeito ao render gráfico, que deve representar imagens realísticas e pode trabalhar na frequência de 30 Hz. Por fim, a terceira tarefa é responsável pelas simulações de física que ocorrem no ambiente, sendo que esta deve ser rápida o suficiente para que não influencie no desempenho do sistema como um todo.

O simulador aqui proposto possui em seu AV 3 tipos de objetos, um representa o dente virtual que será tratado, outro é um modelo de toda a parte inferior da boca e o terceiro é a ferramenta rotatória utilizada para desgastar o dente (Figura 1a). O dente é modelado de forma volumétrica, ou seja, é formado por um conjunto de voxels que descreve tanto a estrutura externa, quanto interna do objeto, identificando a resistência de cada voxels à perfuração. Com isto é possível calcular o retorno de força, para o *render* háptico, e a remoção de voxels, que afeta a geometria do modelo que é apresentado ao usuário no render gráfico. A parte inferior da boca é tratada de forma poligonal e a ferramenta é modelada de forma híbrida, com um modelo poligonal, que é

utilizado no render gráfico, e um modelo volumétrico, que representa apenas a parte cortante (broca) da ferramenta.

3. Dispositivo háptico e retorno de força

Com relação ao dispositivo háptico, o simulador utiliza um equipamento do tipo Novint Falcon Controller (www.novint.com), que possui 3 graus de liberdade (*Degrees Of Freedom* – DOF) para realizar a translação da ferramenta no AV. Para tornar a simulação mais realística foi necessário adaptar ao equipamento um novo manipulador, com 3DOF, que possibilita identificar as rotações realizadas pelo usuário, tornando assim o dispositivo com 6 DOF. Além disto, o manipulador é equipado com uma caneta odontológica, que tem o objetivo de tornar o equipamento mais familiar aos usuários. A Figura 1b apresenta o dispositivo háptico adaptado com o novo manipulador, a caneta odontológica adaptada e a amplitude dos movimentos de rotação permitidos.

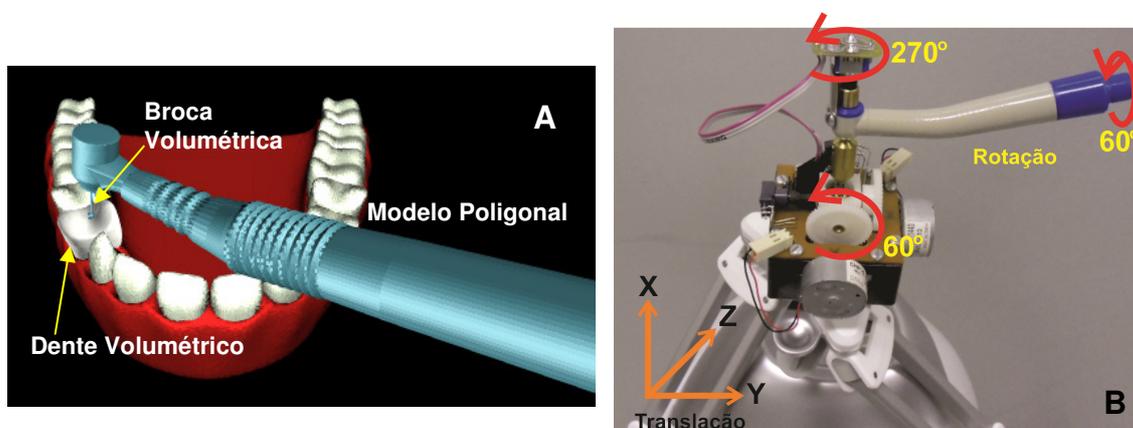


Figura 1 – (a) *Screenshot* da aplicação e (b) dispositivo háptico adaptado

Com este dispositivo háptico é possível manipular apenas um ponto de toque, conhecido como *Haptic Interface Point* (HIP). Este ponto serve como ponto de pivô para a ferramenta e é com base em sua posição que a ferramenta é posicionada no AV. Além disto o HIP é utilizado no render háptico para a detecção de colisão e o retorno de força. No mundo real, quando se interage com um objeto rígido através de uma ferramenta, esta permanece na superfície do objeto quando ocorre o contato, porém, utilizando-se um dispositivo háptico, a movimentação não é interrompida no exato momento da colisão, fazendo com que o HIP penetre no objeto, neste caso, é necessário que o dispositivo háptico aplique uma força contrária ao movimento do usuário, empurrando a ferramenta de volta para a superfície do dente. O retorno de força para o dispositivo háptico é calculado utilizando a Lei de Hooke, $F = kx$, onde, k é uma constante de rigidez do material e x é o vetor resultante entre o ponto de colisão (*proxy*) e a atual posição do HIP.

3. Modelos de dentes utilizados no simulador

Uma das características que difere os simuladores de RV da utilização de dentes reais ou artificiais no processo de treinamento é a possibilidade de alteração das características do modelo do dente e a reaplicação do modelo para todos os alunos, o que não é possível quando se tratam de modelos físicos. Os modelos utilizados no simulador podem ser obtidos a partir de modelos simplificados de dentes ou através da

segmentação de imagens de Tomografia Computadorizada (TC) ou Ressonância Magnética, permitindo separar as camadas do dente. Além disto, é possível modificar a estrutura interna ou externa dos modelos incluindo novos problemas para serem tratados. A Figura 2 apresenta algumas possibilidades de modificação dos modelos de dentes que podem ser realizadas com o auxílio de editores gráficos tridimensionais. Os modelos são baseados em um dente natural que possui suas partes segmentadas a partir de imagens de TC, obtidos em www.agu.ac.jp/~a-kato/English/index.html. Além do dente, a Figura 2 apresenta uma radiografia real e alguns modelos utilizados no simulador com alterações em sua estrutura.

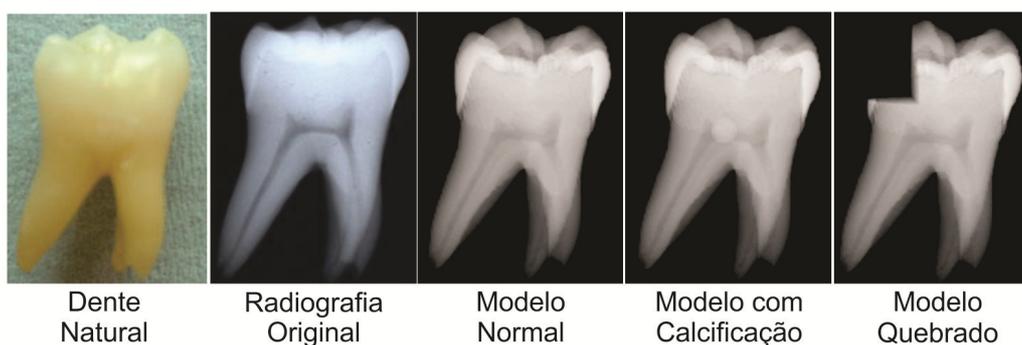


Figura 2 – Modelos de dentes

4. Conclusões Preliminares e trabalhos futuros

Em testes preliminares realizados os modelos de dentes demonstraram ser capazes de representar a estrutura interna e externa de dentes reais durante sua manipulação com dispositivos hápticos. Além disto, as adaptações realizadas no dispositivo háptico aumentam a possibilidade de movimentação da ferramenta, sem interferir no funcionamento do dispositivo original. A próxima etapa no desenvolvimento do simulador é sua utilização com estudantes de odontologia a fim de verificar sua aceitação como instrumento de ensino.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – Medicina Assistida por Computação Científica (INCT-MACC), pelo apoio financeiro (Processo181813/2010-6) e também ao CNPQ (Processo 312375/2009-3).

Referências

- Al-Jewair, T. S.; Qutub, A. F.; Malkhassian, G.; Dempster, L. J. A Systematic Review of Computer-Assisted Learning in Endodontics Education. *J Dent Educ.* 2010 74: 601-611.
- Oakley, I.; McGee, M. R.; Brewster, S.; Gray, P. Putting the feel in 'look and feel'. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. CHI '00.* ACM, New York, NY, 415-422. 2000.
- Salisbury, K.; Conti, F.; Barbagli, F. Haptic rendering: introductory concepts. *Computer Graphics and Applications, IEEE,* v. 24, n. 2, p. 24–32, 2004.