

Avaliação de um Simulador Háptico de Realidade Virtual para Treinamento de Endodontia

Tales Nereu Bogoni¹²³, Márcio Sarroglia Pinho²³

¹Departamento de Computação – Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)
Colider – MT – Brazil

²Grupo de Realidade Virtual – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
(PUCRS) – Porto Alegre – RS – Brazil

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

tales@unemat.br, pinho@pucrs.br

Abstract. *The endodontics is the specialty of dentistry responsible for treating diseases that occur in the roots of the teeth. This kind of treatment uses small files to expand the root canals, what requires advanced motor skills and accurate tactile sensation from the surgeon. With the intent of improving the training of these professionals this paper analyses the use of a haptic simulator of Virtual Reality facing the training for the task of cleaning and shaping the root canals. According to the tests conducted with experts the simulator is realistic enough to simulate such a task.*

Resumo. *A endodontia é a especialidade da odontologia responsável por tratar as doenças que ocorrem nas raízes dos dentes. Para este tipo de tratamento são utilizadas pequenas limas para alargar os canais radiculares, o que exige grande habilidade motora e sensação tátil apurada por parte do cirurgião. Pensando em melhorar o treinamento destes profissionais, este trabalho analisa o uso de um simulador háptico de Realidade Virtual voltado para treinamento da tarefa de limpeza e modelagem dos canais radiculares. De acordo com os testes realizados com especialistas o simulador é suficientemente realista para simular tal tarefa.*

1. Introdução

Realidade Virtual (RV) é uma tecnologia de interface humano-computador que permite reproduzir em ambientes sintéticos situações do mundo real fazendo com que o usuário tenha a sensação de estar presente em um ambiente real. O uso de Ambientes Virtuais (AV) elaborados permite que o usuário interaja com objetos tridimensionais realísticos e reproduza ações similares às que costuma realizar em situações reais. Para que o usuário possa realizar interações mais naturais os sistemas são dotados de dispositivos especiais de interação. Dispositivos como luvas e mouses 3D, permitem rastrear os movimentos do usuário no mundo real e reproduzir tais movimentos no AV. Além disto, com o uso de capacetes de RV é possível fazer com que o usuário fique imerso no AV, visualizando apenas os elementos sintéticos produzidos pelo computador.

Além disto, em muitas situações é necessário que o usuário sinta através do tato os efeitos das interações que ocorrem com os objetos virtuais, para isto são utilizados dispositivos hápticos. Os dispositivos hápticos são equipamentos que além de rastrear os movimentos do usuário são capazes de gerar força. A força gerada pelos dispositivos hápticos é proveniente das interações que ocorrem no AV quando existe alguma ação física que envolve o objeto virtual que o usuário está manipulando. Com estes dispositivos o usuário tem a sensação real de estar tocando objetos em uma cena virtual.

Simuladores baseados em RV equipados com dispositivos hápticos estão sendo utilizados para o treinamento de cirurgiões [LIU et al, 2003; BASDOGAN et al, 2004]. Com o uso deste tipo de simulador é possível reproduzir a sensação de toque dos instrumentos cirúrgicos com o paciente virtual. Além disto, os sistemas reproduzem a resistência à penetração, ou ao corte, dos diferentes tipos de tecido do corpo humano. Isto faz com que o cirurgião possa sentir de forma tátil se esta interagindo, por exemplo, com a pele, músculo ou ossos.

Na área de Odontologia os simuladores hápticos estão sendo utilizados para o treinamento de dentistas em diversas especialidades (LUCIANO et al., 2009; STEINBERG, 2007; URBANKOVA; ENGBRETSO, 2011). Uma destas especialidades é a Endodontia, a qual é responsável por tratar as doenças que ocorrem dentro das raízes do dente. Este tipo de tratamento exige grande habilidade motora e sensação tátil apurada do dentista, uma vez que não é possível visualizar de forma direta como está se desenvolvendo o tratamento.

Seguindo o modelo tradicional de ensino o treinamento de dentistas para atuarem na área de endodontia passa por 3 etapas: a **teórica**, na qual o aluno recebe a fundamentação teórica sobre o tratamento; a **pré-clínica**, na qual o aluno utiliza laboratório e manequins para praticar e adquirir as habilidades técnicas e motoras; a **clínica**, na qual o aluno tem contato direto com o paciente. Um dos problemas do treinamento ocorre na etapa de pré-clínica, na qual são utilizados dentes humanos naturais ou dentes produzidos em resina, acoplados em manequins ou manipulados nas mãos do aluno. Tanto um tipo de dente quanto outro, traz problemas ao processo de ensino. No caso de dentes humanos existem poucos exemplares que atendam a necessidade dos alunos e não é possível reproduzir o tratamento com vários alunos. Já com relação aos dentes de resina, sua constituição é feita com material uniforme, sem que seja possível identificar as diferentes resistências dos materiais que compõe um dente, como por exemplo, esmalte, dentina e polpa, dificultando assim o correto emprego da força 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 (BOGONI; PINHO, 2011).

Considerando as dificuldades apresentadas no método tradicional de treinamento, o uso de simuladores pode ser uma alternativa para melhorar as habilidades dos alunos permitindo que seja feito um treinamento de forma uniforme e com maior quantidade de repetições. Além disto, com a utilização de simuladores como complemento do treinamento tradicional permite que o aluno tenha acesso a uma grande variedade de modelos de dentes. Com a adição de dispositivos hápticos a estes simuladores é possível reproduzir grande parte das propriedades físicas dos tecidos que

formam os dentes, fazendo com que o aluno precise utilizar a força correta para manipular cada tipo de tecido.

Antes de utilizar um simulador como ferramenta de ensino é necessário verificar sua eficiência em simular as tarefas que serão treinadas. Com este objetivo, este trabalho apresenta a avaliação de um simulador de RV equipado com um dispositivo háptico voltado para a tarefa de limpeza e modelagem dos canais radiculares.

Este texto está dividido em 7 seções. A seção 2 apresenta os conceitos básicos de um tratamento endodôntico. Na seção 3 são apresentados trabalhos relacionados ao uso de simuladores para tratamento endodôntico. A seguir, na seção 4, são apresentadas as características do simulador avaliado. A seção 5 descreve a metodologia utilizada na avaliação do simulador. Em seguida, na seção 6, são descritos os resultados obtidos com os testes com os usuários. Para finalizar, a seção 7 apresenta as conclusões do trabalho.

2. Tratamento Endodôntico

Resumidamente, os tratamentos endodônticos são divididos em 3 etapas. Na primeira é realizada a **abertura coronária** ou acesso, na qual são utilizados instrumentos rotatórios para remover as camadas de esmalte e dentina, permitindo o acesso aos canais radiculares. Na segunda etapa, denominada **limpeza e modelagem dos canais radiculares**, são utilizados instrumentos manuais de pequeno calibre, chamados de instrumental endodôntico manual, ou Limas Endodônticas, podendo também ser realizado com instrumentos rotatórios ou vibratórios, desde que o dentista detenha larga experiência na utilização destes instrumentos. Esta etapa é responsável por remover a polpa do dente e alargar os canais radiculares, retirando pequenas camadas de dentina. Para isto é necessário que o dentista realize a cinemática correta de cada instrumento para evitar que fraturem ou que deixem partes do dente sem receber tratamento. A terceira etapa é denominada **obturaçã**o, nela o dentista preenche os canais com algum tipo de material obturador e faz o selamento da coroa do dente.

Na tarefa de limpeza e modelagem dos canais radiculares os dentistas devem escolher corretamente a técnica de instrumentação que será utilizada, dependendo das características clínicas do dente tratado. Em cada técnica de instrumentação devem ser selecionadas as limas que serão utilizadas e a sequência de ações realizadas pelo dentista deve ser adequada. Este processo denomina-se sequência de instrumentação e é de extrema importância para o sucesso do Preparo do Canal Radicular (PCR).

Duas técnicas são as mais utilizadas para o PCR, a **escalonada** e a *coroa-ápice*. Na técnica escalonada são utilizados inicialmente instrumentos mais finos para preparar o batente apical do dente e o calibre das limas vai aumentando quando se aproxima da coroa do dente. Na técnica coroa-ápice o tratamento é iniciado com uma lima grossa e de acordo com que a lima penetra no dente em direção ao ápice são utilizados instrumentos mais finos. Em ambas as técnicas o objetivo é formar uma espécie de cone dentro da raiz do dente terminando próximo ao ápice do dente (LEONARDO, 2005).

3. Trabalhos Relacionados

A apresentação dos trabalhos relacionados está dividida em duas partes, na primeira são descritos simuladores que utilizam dispositivos convencionais e tem o objetivo o

desenvolvimento de metodologias de interação e testes dos simuladores como instrumentos de ensino. Na segunda são apresentados trabalhos que descrevem novos dispositivos de hardware háptico voltado para tratamentos endodônticos.

Na área de avaliação de métodos de interação Min Li e Yun-Hui Liu (2007) apresentam testes com novos métodos de simulação para interação de limas endodônticas com a polpa do dente. O objetivo principal do trabalho é identificar a força empregada nas limas durante um tratamento e simular de forma realística o comportamento da polpa do dente e a elasticidade da lima. Outro trabalho na área de endodontia é descrito por Marras et al. (2008) e tem o objetivo de simular a tarefa de abertura coronária com a utilização de instrumentos rotatórios. Também na tarefa de abertura coronária Suebnukarn et al. (2011) utilizam dois dispositivos hápticos em um simulador, um para manipular o instrumento rotatório e outro para o espelho odontológico, permitindo visualização indireta do dente. Neste trabalho são apresentados resultados de testes feitos com alunos de odontologia demonstrando que após o uso do simulador os alunos realizam o tratamento com maior precisão.

No desenvolvimento de hardware háptico, Erikson (2012) descreve um novo dispositivo háptico com 6 graus de liberdade (*Degrees of Freedom* – DOF) para perfuração de dentes. Em testes realizados com usuários verificaram que o dispositivo é capaz de reproduzir de forma convincente a perfuração do dente e que o simulador utilizado para testar o dispositivo tem potencial para ser utilizado como ferramenta de ensino. Outro tipo de hardware é descrito por Tsao et al. (2013) e pretende identificar a curvatura de uma lima endodôntica quando está dentro de um canal radicular e a força empregada pelo usuário quando realiza os movimentos cinemáticos.

Durante o desenvolvimento do projeto não foram localizados trabalhos publicados que façam simulações da tarefa de limpeza e modelagem do canal radicular utilizando limas manuais.

4. Simulador

O simulador desenvolvido para este projeto é composto por um dispositivo háptico com 4 DOF, permitindo controlar os movimentos de translação e rotação das limas manuais e um AV que simula os principais procedimentos envolvidos no PCR. A seguir, são descritos o dispositivo háptico e o AV utilizados no simulador.

4.1. Dispositivo Háptico

Como dispositivo háptico foi utilizado um *Joystick 3D* do tipo *Novint Falcon Controller* (NOVINT; sd), que dispõe de 3 DOF para controlar a translação. Foi necessário adaptá-lo para permitir a fixação de uma lima endodôntica e receber mais um DOF, referente ao giro da lima. Na adaptação feita no dispositivo háptico foi instalado um mecanismo de rastreamento do giro da lima e um sistema de freio que é responsável por deixar o movimento de giro mais leve ou mais pesado para ser realizado. Isto é necessário, pois quando a lima esta solta dentro do canal do dente menos força é empregada para girá-la, e, quando a lima está justa no canal é necessário aplicar mais força.

Com o objetivo de tornar a manipulação do dispositivo háptico similar à usualmente realizada por dentistas foi necessário deixá-lo na posição vertical e criar um suporte para o usuário deixar a mão apoiada durante a simulação. Tal suporte serve

como apoio dos dedos do dentista, que, quando realiza o tratamento real, apoia os dedos nos dentes laterais ao que está sendo tratado. A Figura 1 apresenta, na esquerda, o dispositivo háptico adaptado, no centro a posição da mão do usuário durante a simulação sobre uma base com uma abertura de 3 cm que permite transladar a lima próxima ao dente que é tratado, e, à direita o mecanismo de rastreamento e freio do giro da lima.



Figura 1 – Na esquerda o dispositivo háptico, no centro o suporte para a mão do usuário e na direita o mecanismo de rastreamento e freio do giro da lima

4.2. Ambiente Virtual

O AV é o responsável pelas interações e visualização da simulação. A tela é dividida em duas partes, o **painel de controle** e a **área de trabalho** (Figura 2). No painel de controle são exibidas informações para orientar o usuário sobre o andamento da simulação na área de trabalho é onde acontece a interação entre a lima e os demais objetos na cena.

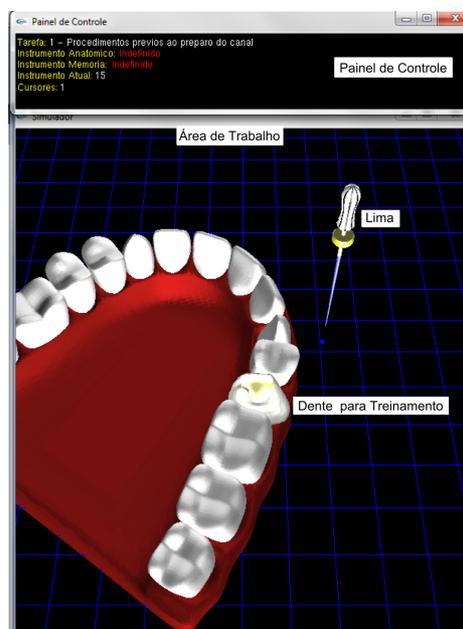


Figura 2- Ambiente Virtual do simulador

O simulador permite que sejam realizados os procedimentos prévios ao PCR, como por exemplo, remoção de curativo e anestesia. Além disto, pode ser feita a odontometria, que serve para identificar o Comprimento de Trabalho (CT) do dente, e o

tratamento propriamente dito, com o uso de limas de diferentes calibres. O sistema também permite ao usuário realizar os procedimentos clínicos pós-preparo, como por exemplo, o selamento do dente.

No decorrer da simulação o sistema registra as ações do usuário e ao final exibe a sequência de instrumentação utilizada e das ações executadas. Isto permite identificar se foi aplicada corretamente a sequência técnica de instrumentação durante o PCR.

5. Metodologia de Avaliação

A metodologia para avaliar o simulador consistiu em realizar testes empíricos com professores, alunos e profissionais em endodontia simulando as ações envolvidas na etapa de limpeza e modelagem dos canais radiculares com o uso de limas manuais. Após a simulação foi aplicado um questionário para coletar as impressões dos usuários a respeito do simulador. As respostas dos usuários foram analisadas de forma qualitativa buscando identificar as potencialidades e a responsividade do simulador. Com os questionários buscou-se responder duas perguntas: 1) o simulador é capaz de reproduzir de forma convincente os modelos gráficos e as sensações táteis para os usuários? 2) o simulador pode ser utilizado como ferramenta de ensino?

Para validar o simulador foi realizado um experimento que contou com a participação doze usuários entre professores de endodontia, alunos que já concluíram disciplinas de pré-clínica de endodontia e profissionais que atuam com endodontia em seu dia a dia. O experimento consistiu em fazer com que o participante fizesse o tratamento virtual de um dente pré-molar inferior direito, que possuía uma raiz e um canal reto. O participante devia considerar que o dente havia sido diagnosticado com pulpite sintomática irreversível e necessitava de tratamento endodôntico. Para os testes considerou-se que já havia sido realizada a abertura coronária e o acesso ao canal radicular já havia sido feito. O participante foi instruído a utilizar a técnica de instrumentação escalonada para o preparo do dente e a mesma sequência de instrumentação que utilizaria em um procedimento real.

6. Validação do Simulador

A validação do simulador tem a finalidade de verificar se ele é capaz de simular o que se espera dele, ou seja, o realismo do simulador. Este tipo de validação é classificada por McDougall (2007) como “*face validity*”, ou validação de face, que é feita através de pesquisas subjetivas, com a aplicação de questionários aos utilizadores do simulador. Este tipo de validação é a mais encontrada em trabalhos que avaliam simuladores da área de saúde (ARORA, 2014).

O método de avaliação qualitativa empregado utilizou uma escala Likert com 5 pontos, dos quais, dois eram negativos (1-péssimo e 2-ruim), um neutro (3-bom) e dois positivos (4-muito bom e 5-excelente). Na análise dos resultados dos testes foi utilizada a frequência de respostas atribuídas a cada item, e, com esta frequência, os quesitos foram classificados de acordo com a resposta de maior ocorrência, conhecida como Moda, de acordo com o descrito por Wainer (2007).

Foram avaliados dois quesitos relacionados com o realismo do simulador, o gráfico e o háptico. Além disto, foi avaliado o tempo que o usuário necessitava para se

adaptar ao simulador e uma questão aberta na qual o usuário deixava sua opinião sobre a possibilidade da utilização do simulador como ferramenta de ensino.

6.1. Realismo Gráfico

Para análise do realismo gráfico são considerados os modelos gráficos e as animações exibidas no simulador. Para isto os usuários responderam duas perguntas no questionário de pós-teste, uma sobre a similaridade dos modelos com os objetos reais e a outra sobre as animações que o simulador apresentava quando era realizada cada tarefa.

A Figura 3 apresenta um gráfico com a frequência das notas atribuídas pelos usuários aos quesitos relacionados ao realismo dos modelos gráficos e das animações gráficas utilizados no simulador. Após a compilação dos resultados observou-se que em 8 dos 10 quesitos avaliados a nota com maior número de incidências foi “5”, ou seja, para a maioria dos usuários os modelos e animações utilizados no simulador foram considerados positivos. No quesito relacionado à animação da anestesia a nota com maior quantidade de ocorrências foi a “4”, também classificado como positivo, e, no quesito relacionado à remoção e colocação do curativo, a nota com maior ocorrência foi a “3”, considerado neutro.

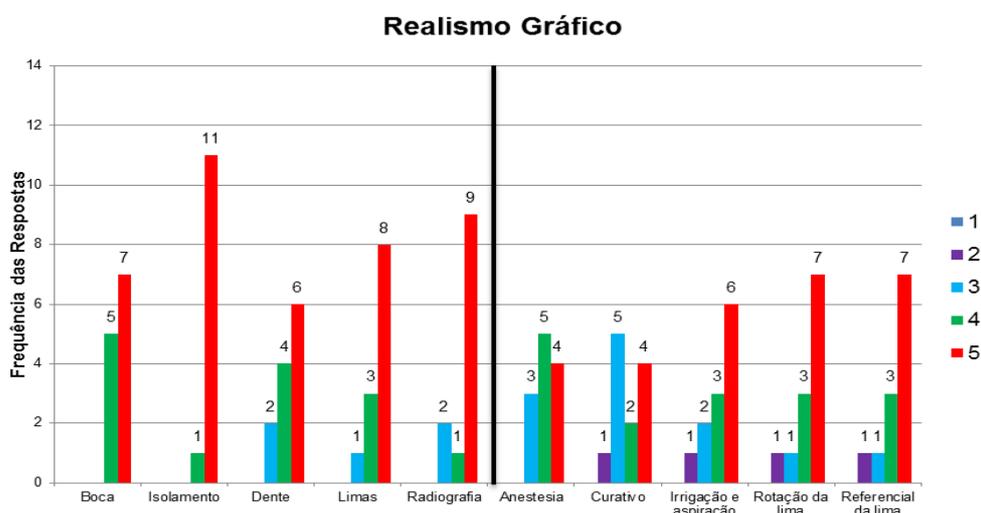


Figura 3 - Avaliação do realismo gráfico

6.2. Realismo Háptico

Um dos quesitos mais importantes para validação de simuladores hápticos diz respeito à sensação de toque percebida pelo usuário quando manipula o dispositivo háptico.

Para isto, foram avaliados os seguintes aspectos, divididos em questões:

- o retorno háptico proporcionado pelo simulador;
- a possibilidade de identificação de diferenças de resistência em situações distintas;
- e a similaridade do retorno de força percebido no simulador com as sensações reais.

No que se refere ao retorno háptico, os quesitos avaliados foram: a movimentação em espaço livre, o toque da lima na superfície do dente, a penetração da lima no canal do dente, os movimentos oscilatórios e de rotação e, para finalizar, o movimento de limagem. Com relação à percepção das diferentes resistências ao toque da lima quando são realizados os movimentos cinemáticos, os quesitos avaliados foram: colisão da lima com as paredes externas do dente; penetração da lima no canal; movimentos oscilatórios e de rotação; e movimentos de limagem.

O gráfico da Figura 4 representa as frequências das respostas dos usuários em cada quesito avaliado. Com relação à questão sobre o retorno háptico todos os quesitos foram avaliados com notas positivas (4 e 5) pela maioria dos usuários. Na questão sobre a percepção da diferença de resistência durante a penetração do instrumento no dente quando realizava os movimentos cinemáticos, novamente todos os usuários avaliaram o retorno háptico com notas positivas (4 e 5). Na questão que fala sobre a similaridade com o real todos os quesitos avaliados obtiveram notas positivas pela maioria dos usuários (4).

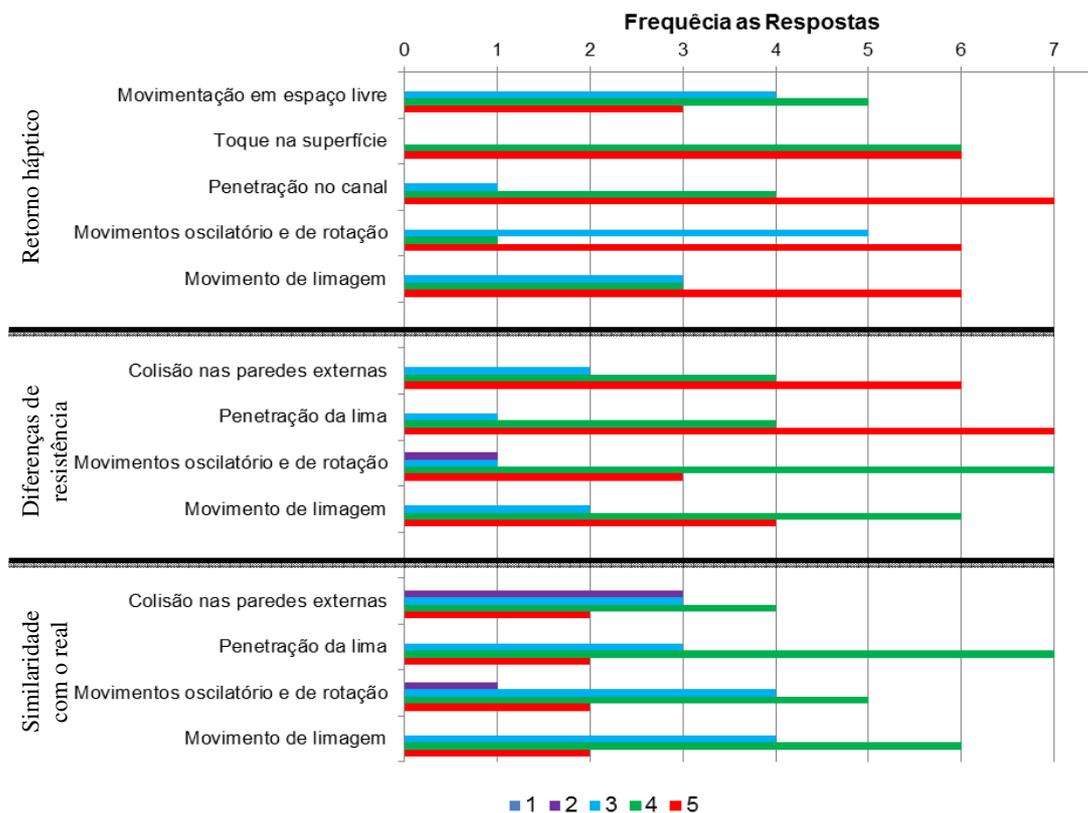


Figura 4 - Realismo do retorno háptico

6.3. Tempo de Adaptação

Para avaliar o tempo necessário para adaptação do usuário ao simulador foi solicitado que os usuários indicassem, utilizando uma escala de tempo, quanto tempo foi necessário para que se adaptassem a 3 componentes do simulador: localização espacial dentro do AV; manipulação do dispositivo; e, identificação do retorno de força. De

acordo com os dados apresentados na Tabela 1 pode-se perceber que o simulador é de fácil aprendizado e apenas um usuário não conseguiu se adaptar à localização espacial do simulador, ou seja, não conseguia se localizar dentro do AV para movimentar a lima. Em todos os demais quesitos os usuários conseguiram se adaptar com um tempo razoavelmente curto, de até 10 minutos, exceto um usuário que necessitou de mais de 15 minutos para adaptar-se.

Tabela 1 - Demonstrativo do tempo de adaptação ao simulador

Quesito	Não se Adaptou	> 15 min	>10 min e < 15 min	>5 min e < 10 min	< 5 min
Localização espacial	1	1	-	3	7
Manipulação do dispositivo háptico	-	-	-	4	8
Retorno de força do dispositivo	-	-	-	4	8

6.4. Utilização do Simulador como Ferramenta de Ensino

Para finalizar a avaliação do simulador foi colocada uma pergunta em aberto para que os usuários expusessem suas opiniões sobre a utilização do simulador como ferramenta de ensino para atividades práticas de pré-clínica. Nestas respostas 100% dos usuários consideraram que o simulador seria uma boa ferramenta de ensino.

Dentre as respostas dos usuários algumas observações merecem destaque. Para um professor que participou dos testes “O simulador representa uma ferramenta muito relevante para aprendizagem e desenvolvimento dos procedimentos. Poderia auxiliar na percepção tátil do aluno também. Além disso, funciona como avaliadora do procedimento realizado, possibilitando ao aluno fazer uma análise crítica do seu procedimento”. Para um dos alunos participantes, o simulador “é uma forma de o aluno treinar e perceber acertos ou erros durante sua técnica é uma forma diferente do que está acostumado na clínica”. E, para um dos profissionais, o simulador “é um dispositivo que permite que o aluno tenha uma visão geral ao tratamento endodôntico. Possibilita o treino inicial e permite que no final possa ser feita uma avaliação individual das ações executadas”.

7. Conclusões

Um dos grandes problemas no treinamento de dentistas em endodontia é a falta de dentes naturais para realizar as aulas de pré-clínica. Com o uso de simuladores de RV equipados com dispositivos hápticos espera-se que tal problema possa ser minimizado e, num futuro próximo, os simuladores possam ser incorporados como parte das aulas práticas, e, com isto permitir que os alunos tenham um treinamento uniforme e com todos os modelos de dentes que necessitem. Este trabalho apresentou a avaliação de um simulador voltado para o treinamento da tarefa de limpeza e modelagem dos canais radiculares utilizando limas manuais. De acordo com as respostas dos usuários aos questionamentos feitos após os testes empíricos com relação ao realismo dos modelos gráficos utilizados no simulador e o retorno de força oferecido pelo dispositivo háptico é possível concluir que o simulador é suficientemente realista para ser utilizado na simulação das tarefas de limpeza e modelagem dos canais radiculares utilizando limas manuais. Além disto, pode-se constatar que o sistema é de fácil aprendizado e, segundo os participantes dos testes, pode ser utilizado como ferramenta de ensino.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Processo 559931/2010-7 – e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia - Medicina Assistida por Computação Científica (INCT-MACC).

Referências

- ARORA, Asit et al. Virtual reality simulation training in Otolaryngology. *International Journal of Surgery*, v. 12, n. 2, p. 87-94, 2014.
- BASDOGAN, Cagatay et al. Haptics in minimally invasive surgical simulation and training. *Computer Graphics and Applications, IEEE*, v. 24, n. 2, p. 56-64, 2004.
- BOGONI, Tales Nereu; PINHO, Márcio Sarroglia. Uma Revisão Sistemática de Simuladores de Endodontia Equipados com Dispositivos Hápticos. In: *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, p. 446-455. 2011.
- ERIKSSON, Magnus G. Haptic Milling Simulation in Six Degrees-of-Freedom: With Application to Surgery in Stiff Tissue. 2012.
- LEONARDO, M.R. Endodontia: tratamento de canais radiculares: princípios técnicos e biológicos. *Artes Médicas*. 2005.
- LI, Min; LIU, Yun-Hui. Dynamic modeling and experimental validation for interactive endodontic simulation. *Robotics, IEEE Transactions on*, v. 23, n. 3, p. 443-458, 2007.
- LIU, Alan et al. A survey of surgical simulation: applications, technology, and education. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, v. 12, n. 6, p. 599-614, 2003.
- LUCIANO, Cristian; BANERJEE, Pat; DEFANTI, Thomas. Haptics-based virtual reality periodontal training simulator. *Virtual reality*, v. 13, n. 2, p. 69-85, 2009.
- MARRAS, Ioannis et al. A virtual system for cavity preparation in endodontics. *Journal of dental education*, v. 72, n. 4, p. 494-502, 2008.
- MCDOUGALL, Elspeth M. Validation of surgical simulators. *Journal of Endourology*, v. 21, n. 3, p. 244-247, 2007.
- NOVINT. <http://home.novint.com/index.php/products/novintfalcon>.
- STEINBERG, Arnold D. et al. Assessment of faculty perception of content validity of Periosim©, a haptic-3D virtual reality dental training simulator. *Journal of Dental Education*, v. 71, n. 12, p. 1574-1582, 2007.
- TSAO, Chih-Chiang et al. Force Sensor Design and Measurement for Endodontic Therapy. *Sensors Journal, IEEE*, v. 13, n. 7, p. 2636-2642, 2013.
- URBANKOVA, Alice; ENGBRETSON, Steven P. Computer-assisted dental simulation as a predictor of preclinical operative dentistry performance. *Journal of dental education*, v. 75, n. 9, p. 1249-1255, 2011.
- WAINER, Jacques. Métodos de pesquisa quantitativa e qualitativa para a Ciência da Computação. *Atualização em informática*, p. 221-262, 2007.