

SIMULADOR VIRTUAL 3D PARA ATIVIDADES PRÁTICAS DE APRENDIZADO EM ANÁLISE DE VIBRAÇÕES

Manoel Sena – manoel.sena@faculdadeideal.edu.br
Faci/Wyden – Engenharia Mecânica
Travessa Tupinambás, 461 - Batista Campos
66025-610 – Belém - PA

Paulo Santana Rocha - rochap01@gmail.com
Mundo Digital Interativo
Parque de Ciência e Tecnologia Guamá - Espaço Inovação
Av. Perimetral, S/N
66075-750 – Belém - PA

Raul Batista do Nascimento – hthunderbird@gmail.com
Mundo Digital Interativo
Parque de Ciência e Tecnologia Guamá - Espaço Inovação
Av. Perimetral, S/N
66075-750 – Belém - PA

Resumo: As atividades práticas associadas à medição e à análise de vibrações envolvem uma logística que consiste no uso de equipamentos caros e sensíveis, além de acesso a máquinas e equipamentos que estejam em condições de funcionamento adequadas, com nível de vibração reduzido, e em condições de funcionamento com defeito. Estas condições são muito difíceis de serem trabalhadas nas instituições de ensino, pois envolvem manipulação de equipamentos em campo, o que exige deslocamentos, disponibilidades de empresas parceiras, disponibilidade de equipamentos de medição e treinamento dos estudantes no uso destes equipamentos. Assim sendo, as atividades práticas ligadas a estas disciplinas são de maneira geral limitadas. Este trabalho apresenta o processo de desenvolvimento e as características de um simulador 3D para a realização de atividades práticas da disciplina Vibrações Mecânicas. O simulador permite o treinamento no uso dos equipamentos de medição e de análise, bem como a sua aplicação em uma grande variedade de ambientes. As características do simulador e a sua integração em um ambiente de desenvolvimento são descritas. As possibilidades de uso desta tecnologia em outras áreas são exploradas no final do trabalho.

Palavras-chave: Vibrações, Análise, Medição, Simulação

1. INTRODUÇÃO

As atividades de aprendizado na área de vibrações mecânicas apresentam um desafio para grande parte dos estudantes. Os conceitos matemáticos envolvidos são abstratos e a física associada aos processos é bastante abrangente. Por isso, essa disciplina é uma candidata natural a ter uma grande quantidade de aulas práticas associada à sua aplicação. Isto é particularmente útil quanto se chega na parte aplicada do curso, quando os estudantes normalmente se deparam com a aplicação dos conceitos da disciplina ao monitoramento e ao diagnóstico do estado de máquinas e equipamentos através da análise de vibrações. Em todas

as indústrias existem muitos equipamentos que podem ser usados para a aplicação da técnica e isto a tem tornado cada vez mais popular.

Entretanto, em grande parte dos casos, as atividades de laboratório são complexas de serem executadas. Os motivos são variados. Dentre eles, podemos citar:

- Necessidade de treinamento dos estudantes no uso dos equipamentos da cadeia de medição e de análise. Devido à pouca disponibilidade de equipamentos nas instituições, esta tarefa é demorada;

- Disponibilidade de máquinas para terem a sua vibração medida, em estados variados de funcionamento. De preferência, que as máquinas sejam de um mesmo tipo, para possibilitar a comparação entre as mesmas. Esta condição é muito difícil de ser encontrada, pois devem haver empresas parceiras, com diferentes equipamentos em diferentes condições;

- Custos de deslocamento para os estudantes realizarem as atividades na indústria;

- Riscos inerentes ao ambiente industrial. Muitas vezes, este fator inviabiliza o processo, pois para ter acesso a determinados equipamentos existem normas de segurança que exigem tratamento por parte da empresa.

Assim sendo, quando existem, as atividades práticas da disciplina são em sua maioria restritas a atividades de laboratório em bancadas físicas que reproduzem uma determinada quantidade de defeitos (ASAN, G e SALAMI, 2004). Esta condição, ou seja, o uso destas bancadas, acaba sendo bem diferente do que é verificado na indústria, onde o estudante é confrontado com situações como:

- Escolher sensores adequados a cada aplicação;

- Determinar pontos e direções de medição respeitando as limitações dos espaços disponíveis;

- Análise de sinais de natureza complexa que envolvem situações nas quais há várias fontes contribuintes para o sinal;

- Ocorrência de uma gama de defeitos possíveis muito mais ampla;

- Existência de equipamentos com variadas características técnicas;

- Necessidade de medição e acompanhamento da evolução da vibração do equipamento com o passar do tempo.

Assim sendo, este trabalho descreve o desenvolvimento de um simulador 3D para a medição e análise de vibração em condições que buscam simular com alto grau de fidelidade um ambiente industrial.

Este simulador atenua ou elimina grande parte das complexidades citadas para a realização das atividades de laboratório, bem como não apresenta nenhuma das limitações impostas pelas bancadas de laboratório físicas. Assim sendo, ele pode ser usado em conjunto com as bancadas físicas, para que o estudante tenha uma visão muito mais útil e abrangente sobre a análise de vibrações.

Os processos envolvendo simulação computacional para aprendizado são usados há muito tempo. Inicialmente, sua aplicação se deu principalmente nos cursos da área de Computação (NAVARRO, E. O. e VAN DER HOEK, 2004).

Com o passar do tempo, entretanto, a educação em Engenharia passou a fazer uso também deste tipo de tecnologia. Trabalhos como os de SEVGI (2006), FOSS, B.; EIKAS (2006), BALAMURALITHARA e WOODS (2009) e ELAWADY e TOLBA (2009), fazem análises do potencial das técnicas de simulação em atividades de aprendizado de Engenharia.

DESPANDE e HUANG (2011), fazem uma avaliação global das possibilidades de aplicação de simulação computacional em Engenharia.

A simulação de defeitos na área de vibrações (HARIHARAN e SRINIVASAN, 2011) torna possível um grande potencial de aplicação para simulações computacionais.

Mais recentemente, SMALE, OVERMANS, JEURING e VAN DER GRINT (2015) demonstram que os objetivos pedagógicos passam a apresentar a necessidade de, desde a sua concepção, levar em consideração a disponibilidade de simuladores.

2. PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento de ambientes de simulação computacional em 3D é um processo complexo, que exige o trabalho de uma equipe multidisciplinar. No caso deste trabalho, ele envolveu o trabalho de profissionais da área de Engenharia, de Computação e de Design de Produtos.

O projeto partiu de uma especificação técnica que foi documentada no *Game Design Document (GDD)*, que é um padrão de documentação onde são definidos:

- A visão geral do roteiro a ser seguido;
- As características técnicas do roteiro;
- A especificação do material de apoio, na forma de vídeo aulas;
- A descrição das atividades de laboratório;
- As características técnicas detalhadas dos equipamentos a serem simulados;
- A especificação dos problemas que serão simulados nos equipamentos.

Uma vez tendo sido construído GDD, algumas decisões devem ser tomadas:

- *Engine* gráfica a ser usada para o desenvolvimento;
- Estratégia de disponibilização do conteúdo para os estudantes.

A partir deste ponto, o desenvolvimento foi feito em ciclos, com uma versão operacional do simulador a partir de cada ciclo de desenvolvimento, de acordo com a figura 1.

Depois de se ter chegado até a versão final do simulador, a forma como o mesmo será disponibilizado aos usuários precisa ser trabalhada. O simulador deste trabalho foi inserido em um ambiente que permite que ele seja usado em como instrumento de um roteiro de atividades. Este roteiro é composto também de perguntas e respostas associadas com o simulador, bem como materiais de apoio, que são do tipo:

- Vídeo aulas de teoria associada ao assunto;
- Manual do simulador, em formato pdf;
- Tutorial em vídeo do simulador;
- Exercícios.

Os equipamentos a serem monitorados nesta versão do simulador incluem:

- Bomba hidráulica;
- Acoplamentos;
- Mancais de rolamento;
- Motor elétrico de indução.

Para a medição de vibração é usado um transdutor do tipo acelerômetro e para a análise dos sinais medidos, um analisador portátil. Algumas características do mesmo são:

- Medição de nível global RMS em aceleração, velocidade e deslocamento;
- Análise de forma de onda no tempo (*time waveform analysis*);
- Transformada rápida de Fourier (FFT) para análise em frequência;
- Aplicação de janela de *Hanning* ao sinal;
- Operações de zoom no domínio do tempo e da frequência;
- Alteração da escala de plotagem dos gráficos;
- Superposição das frequências características dos defeitos mais comuns nos gráficos medidos.

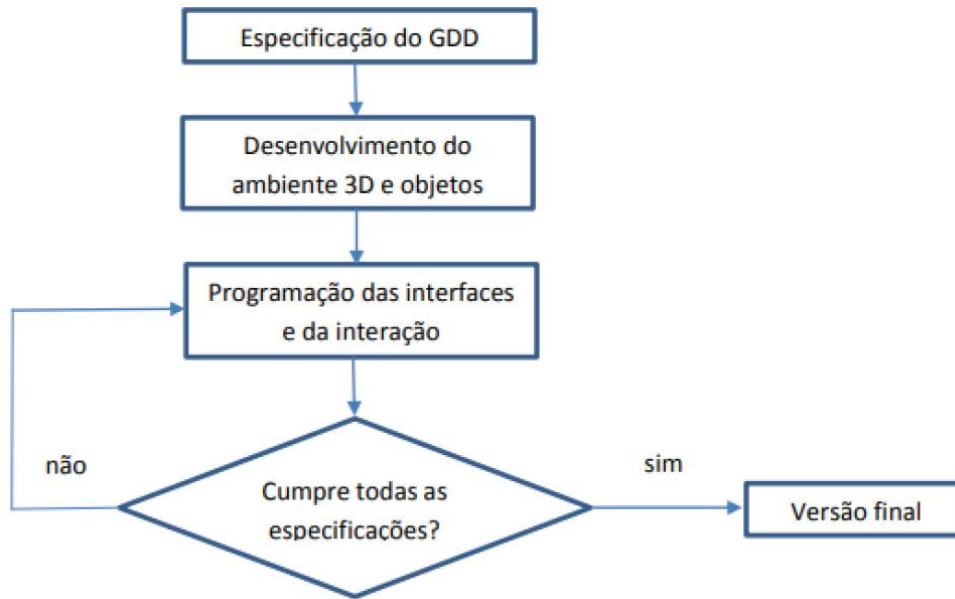


Figura 1 – Representação do ciclo de desenvolvimento

Para o desenvolvimento foi usada a *engine* Unity, usando os recursos da biblioteca WebGL, que faz parte do padrão html 5. Desta forma, o simulador pode ser executado em qualquer browser atual.

3. RESULTADOS ALCANÇADOS

Os resultados alcançados com o desenvolvimento do laboratório serão analisados a seguir.

Na figura 2, tem-se uma visão geral do laboratório. O ambiente simulado segue as regras de sinalização de segurança de acordo com as normas técnicas. Ele é composto por um espaço com bancada, onde o usuário pode recolher o sensor de vibrações e o analisador, além de vestir os equipamentos de proteção individual.

Na figura 3, tem-se o armário de equipamentos de proteção individual. Estes equipamentos devem ser vestidos antes do início das atividades de medição e análise. Na figura está mostrado um avatar do sexo masculino, mas há também o avatar do sexo feminino.

Na figura 4, é mostrado um quadro indicativo do equipamento e dos pontos de medição de vibração a serem considerados.

O uso do analisador de vibrações é mostrado na figura 5.

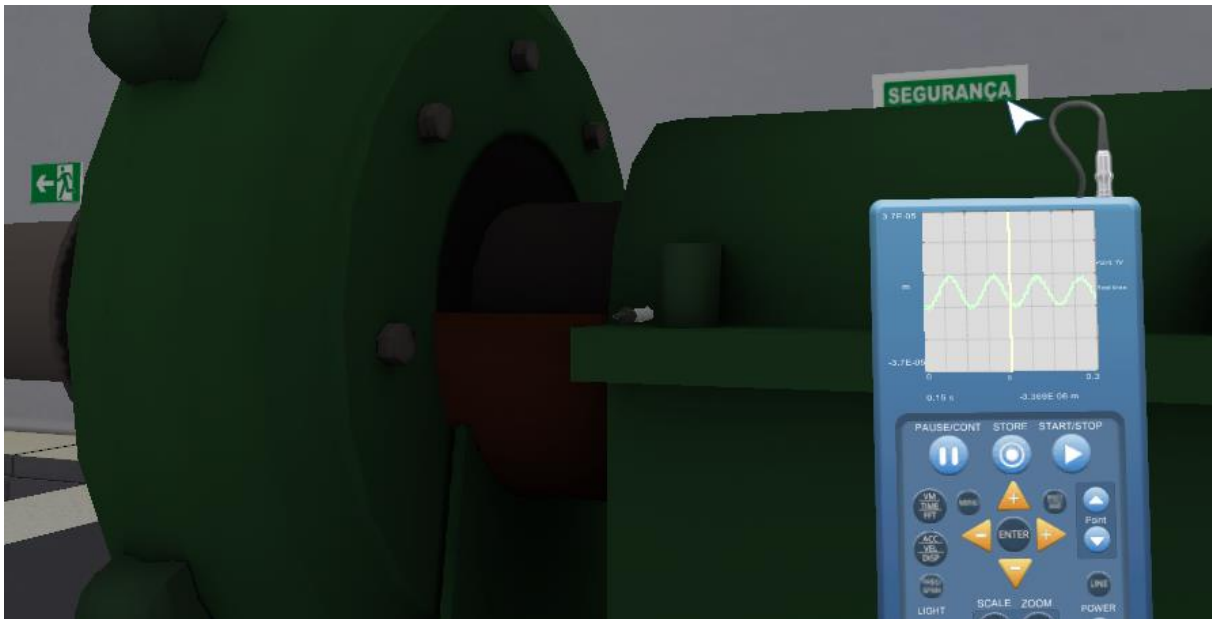
Figura 2 – Visão geral do ambiente



Figura 3 – Vista do armário de equipamentos de proteção individual. É mostrado o avatar masculino, mas o avatar feminino também está disponível para seleção



Figura 5 – Exemplo de uso do analisador de vibrações



O simulador foi testado por estudantes do Curso de Engenharia Mecânica e as suas observações foram levadas em consideração no aprimoramento do mesmo.

O simulador está disponível para ser usado na plataforma YouinLab, no endereço www.youinlab.com.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do laboratório como ferramenta de apoio às disciplinas de vibração pode se dar de duas formas diferentes.

A primeira é como atividade complementar fazendo parte do plano de ensino das disciplinas. Outra possibilidade é o seu uso em cursos de formação continuada, para profissionais que já fazem parte do mercado de trabalho e precisam do conhecimento deste assunto para executar atividades em suas empresas.

A tecnologia usada para o desenvolvimento do laboratório foi a WebGL, o que faz com que ele seja usado via web, em qualquer plataforma computacional compatível com a mesma. Atualmente, todos os novos sistemas. Assim, há uma grande vida útil prevista para o mesmo.

Há um número muito grande de maneiras de melhorar o comportamento do simulador, em futuros *updates*. Dentre elas, podem ser citadas:

- Inclusão de novos equipamentos a serem monitorados;
- Inclusão de novos defeitos a serem simulados nos equipamentos atuais e nos novos;
- Criação de novos desafios, configurando fases que devem ser vencidas.

Deve ser observado também que outras disciplinas, além de vibrações mecânicas, se mostram adequadas para este tipo de abordagem.

Assim sendo, o potencial de uso de técnicas deste tipo se mostra bastante animador para o cenário atual e futuro do aprendizado em Engenharia.

Os autores são responsáveis por garantir o direito de publicar todo o conteúdo de seu trabalho. Se material com direitos autorais foi usado na preparação do mesmo, pode ser

necessário obter a devida autorização do detentor dos direitos para a publicação do material em questão.

Agradecimentos

Os autores gostariam de expressar o seu agradecimento à empresa Letra e Ponto Projetos Educacionais, pelo apoio na concepção e na realização das atividades. Em especial, gostaríamos de citar o Sr. Ricardo Madeira e o Sr. Eduardo Barbosa.

O FINEP e o governo do Estado do Pará, através da Fapespa, financiaram parte deste projeto, dentro do escopo do programa Tecnova. Expressamos o nosso mais profundo agradecimento à seriedade destas instituições e à sua visão de futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASAN, G; SALAMI, M. Vibration Faults Simulation System (VFSS): A Lab Equipment to aid Teaching of Mechatronics Courses. Int. J. Engng Ed. Vol. 20, No. 1, pp. 61-69, 2004.

BALAMURALITHARA, B., WOODS, P. Virtual laboratories in engineering education: The simulation lab and remote lab. Computer Applications in Engineering Education Volume 17, Issue 1, pages 108–118, March 2009.

DESHPANDE, A.; HUANG, H. Simulation games in engineering education: A state-of-the-art review. Computer Applications in Engineering Education. Volume 19, Issue 3, pages 399–410, September 2011

ELAWADY, Y.; TOLBA, A. Educational Objectives Of Different Laboratory Types: A Comparative Study. International Journal of Computer Science and Information Security, Vol. 6, No. 2, 2009.

FOSS, B.; EIKAAS, T. Game Play in Engineering Education: Concept and Experimental Results. Int. J. Engng Ed. Vol. 22, No. 5, pp. 1043-1052, 2006.

HARIHARAN, V.; SRINIVASAN, P. Vibration analysis of parallel misaligned shaft with ball bearing system. Songklanakar J. Sci. Technol. 33 (1), 61-68, Jan. - Feb. 2011.

NAVARRO, E. O.; VAN DER HOEK, A. Simse: na interactive simulation game for software engineering education. Proceedings of the 7 th IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education. Kauai: 2004.

SEVGI, L., Modeling and Simulation Concepts in Engineering Education: Virtual Tools. Turk J Elec Engin, VOL.14, NO.1 2006.

SMALE, S.; OVERMANS, T.; JEURING, J., VAN DER GRINT, L. The Effect of Simulations and Games on Learning Objectives in Tertiary Education: A Systematic Review. Department of Information and Computing Sciences Utrecht University, Utrecht, The Netherlands. Technical Report UU-CS-2015-017, November 2015.

INSTRUCTIONS FOR PREPARATION AND SUBMISSION OF WORKS TO THE SCIENTIFIC COMMITTEE OF XLIV BRAZILIAN CONGRESS OF ENGINEERING EDUCATION

Abstract: *The practical activities associated with the measurement and vibration analysis involve a logistics that uses expensive and sensitive equipment, plus access to machines and equipment that are in proper operating condition, with reduced vibration level, and rough operating conditions. These situations are very difficult to be worked in educational institutions, since they involve handling equipment in the field, which requires student transport, availability of partner companies, availability of measurement equipment and training of students in the use of this equipment. Therefore, the practical activities related to these disciplines are generally limited. This paper presents the development process and the characteristics of a 3D simulator to carry out practical activities of the discipline Mechanical Vibrations. The simulator allows training in the use of measurement and analysis equipment as well as its application in a variety of environments. The simulator characteristics and its integration in a development environment are described. The possibilities of using this technology in other areas are explored at the end of work.*

Key-words: *Vibration, Measurement, Analysis, Simulation*

Organização:



Realização:

