



## **BANCADA PARA ESTUDO DE VIBRAÇÕES EM UM MOTOR DESBALANCEADO UTILIZANDO ARDUINO**

**Thayanne Barros Bandeira** – [thayane.bandeira@hotmail.com](mailto:thayane.bandeira@hotmail.com)

Universidade Federal do Pará – Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de Engenharia Elétrica.

Rodovia BR 422 Km 13 - Canteiro de Obras - UHE Tucuruí - Vila Permanente 68464-000 – Tucuruí – Pará

**André Souza da Cruz** – [felipe.andcruz@gmail.com](mailto:felipe.andcruz@gmail.com)

Universidade Federal do Pará – Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de Engenharia Elétrica.

Rodovia BR 422 Km 13 - Canteiro de Obras - UHE Tucuruí - Vila Permanente 68464-000 – Tucuruí – Pará

**Wellington Fonseca da Silva** – [fonseca@ufpa.br](mailto:fonseca@ufpa.br)

Universidade Federal do Pará – Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de Engenharia Elétrica.

Rodovia BR 422 Km 13 - Canteiro de Obras - UHE Tucuruí - Vila Permanente 68464-000 – Tucuruí – Pará

**Resumo:** *Parte da dificuldade encontrada no ensino de engenharia é em conseguir agregar o conhecimento teórico à prática que conseqüentemente desmotiva o aluno. Tentando atenuar essa dificuldade, cria-se problemas práticos tentando estimular alunos a aplicar seus conhecimentos de variadas formas, problemas estes que podem ser de ordem computacional, resolvidos por programas através de simulações, ou de ordem física, com a realização de maquetes, protótipos, bancadas ou plataformas interativas com abordagem prática visual. A partir disso foi proposto aos discentes da Universidade Federal do Pará – Campus Universitário de Tucuruí através do Grupo de Pesquisa de Sistemas Elétricos e Mecânicos, com o intuito de aplicar conhecimentos advindos de áreas pluridisciplinares da engenharia na construção de um protótipo com materiais reutilizados e de baixo custo que permita estudos e análises de vibrações em motores desbalanceados. O presente sistema dispõe de uma plataforma embarcada de prototipagem open source Arduino para ler os valores provenientes dos sensores utilizados: acelerômetros e potenciômetros acoplados no motor, com intuito de coletar valores e variar a tensão fornecida. Os resultados são lidos pelo Arduino e processados computacionalmente para serem impressos em um display LCD. Portanto, o objetivo deste trabalho (Esse Final precisa ser melhorado) é disponibilizar de forma acessível utilizando técnicas simples um protótipo que unifique o conhecimento teórico e prático como o sistema da bancada que realiza a análise de vibrações em um motor desbalanceado de forma interativa, além de incentivar a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias na região amazônica.*

**Palavras-chave:** *Arduino, Engenharia, Motores, Vibrações.*

## 1. INTRODUÇÃO

A origem da teoria de vibrações, em termos históricos, encontra-se nos antigos filósofos gregos do primeiro milênio antes de Cristo. A evolução da teoria de vibração contribuiu para os avanços das ciências básicas como: matemática e mecânica geral (SOEIRO, 2009).

De acordo com Afonso (2012) grande parte das ações humanas envolve alguma forma de vibração que vão desde o próprio funcionamento do seu corpo na respiração, audição e batimentos cardíacos até as mais diversas áreas do conhecimento bem como biologia, química, física e tecnologias. Na área tecnológica, o estudo de vibrações para a engenharia moderna tem importantes aplicações em projetos de máquinas, estruturas, motores, sistemas de controle e outros, que exigem que questões relacionadas a vibrações sejam levadas em conta (SOEIRO, 2008).

Na engenharia, os estudos de vibrações iniciaram-se motivados pelo problema de balanceamento em motores. O desbalanceamento pode ser advindo tanto da fabricação quanto da manutenção, por estarem sujeitos à vibração. A análise de vibrações em máquinas e equipamentos permite conhece-los, melhorá-los e ganhar muito em qualidade, produtividade e desenvolvimento. Por tanto, um dos propósitos importantes do estudo de vibração é atingir a redução dos níveis vibratórios.

O estudo de vibrações faz parte da probidade do currículo de diversos engenheiros. Durante a graduação esses conceitos são disciplinados em sala de aula que compreende os cálculos/equações de vibrações e na prática em laboratórios em que há a complementação do conhecimento por meio de bancadas e equipamentos. Entretanto, atualmente a interação entre a teoria e a pratica ainda é bastante divergente devido ao custo elevado dos equipamentos tornando o acesso extracurricular dos alunos em laboratórios limitado ou até em alguns casos inexistente. A falta de diálogo entre teoria e pratica é indesejada, pois, a experimentação inter-relaciona o aprendiz e os objetos de seu conhecimento, a teoria e a prática, ou seja, une a interpretação do sujeito aos fenômenos e processos naturais observados, pautados não apenas pelo conhecimento científico já estabelecido, mas pelos saberes e hipóteses levantadas pelos estudantes, diante de situações desafiadoras (LIMA *et al.*, 1999). Segundo Freire (1997), para compreender a teoria é preciso experienciá-la. A realização de experimentos representa uma excelente ferramenta para que o aluno faça a experimentação do conteúdo e possa estabelecer a dinâmica e indissociável relação entre teoria e prática. Aulas práticas podem auxiliar no desenvolvimento de conceitos científicos, bem como permitir que os estudantes abordem objetivamente o mundo e desenvolvam soluções para problemas complexos (LUNETTA, 1991).

É importante que, além de motivação e verificação da teoria, essas aulas estejam situadas em um contexto histórico-tecnológico, relacionadas com o aprendizado do conteúdo, de forma que o conhecimento empírico seja testado e argumentado, para enfim acontecer à construção de ideias, permitindo que os alunos manipulem objetos, ampliem suas ideias, negociem sentidos entre si e com o professor durante a aula (GAZOLA *et al.*, 2011). Para Vasconcelos (2002), a abordagem prática além de sua relevância disciplinar possui profunda significância social.

Seguindo as ideias desses pensadores, nota-se a importância do desenvolvimento de atividades práticas que instiguem os discentes a construir e aprimorar conhecimentos adquiridos em sala. Partindo desse raciocínio, foi proposto aos discentes da Universidade Federal do Pará – Campus Universitário de Tucuruí através do Grupo de Pesquisa de Sistemas Elétricos e Mecânicos, aplicar seus conhecimentos no desenvolvimento de protótipos que unifique o conhecimento teórico e prático. Diante desse objetivo, no intuito de disponibilizar de forma

acessível utilizando técnicas simples e de baixo custo, além de incentivar a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias na região amazônica, o presente artigo elucida sobre o desenvolvimento de o sistema de uma bancada construída para estudo e análises de vibrações em motores desbalanceados utilizando sensores de vibração e a plataforma de prototipagem Arduino aplicando métodos interativos.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Funcionamento da Bancada

A construção da bancada para estudo e análises de vibrações em motores desbalanceados foi proposta durante a disciplina de Física com o objetivo de realizar interação prática com conhecimentos teóricos de conteúdos importantes no decorrer do curso de engenharia.

Para entender o funcionamento do equipamento é necessário a compreensão de alguns conceitos fundamentais, por exemplo: quando a ação de uma força em um objeto provoca deslocamento do mesmo referente ao seu eixo de repouso atingindo níveis máximos e mínimos, em relação ao seu ponto de inércia, sendo descrito de forma senoidal são conhecidos como amplitude, à quantidade de vezes que é realizado o movimento completo em um determinado tempo é nomeado frequência de vibração em geral é medida em hertz, ela também vibra em certa velocidade e se for variável pressupõe uma aceleração do movimento caracterizando um sistema oscilatório. No caso da bancada que consiste em um motor de corrente alternada com eixo desbalanceado suspenso por uma mola e com seus movimentos fundamentados de acordo com as atribuições vibratórias, a frequência de vibração varia dependendo da velocidade de rotação do motor e do desbalanceamento do seu rotor.

A bancada contempla o interesse de analisar/estudar a vibração no motor representando uma situação real da aplicação de uma força externa periódica cuja intensidade indica o movimento harmônico forçado demonstrando visivelmente a vibração realizada pelo motor durante a intervenção da força de excitação, responsável por manter o sistema em “constante” movimento oscilatório. Durante o período oscilatório a vibração demonstrada na mola é visível em dois eixos, no entanto nesse trabalho iremos considerar apenas a vibração no eixo horizontal que representaremos pelo eixo das ordenadas, a vibração nesse eixo é o agente responsável por movimentar a mola em dois sentidos: subindo e descendo em relação ao eixo perpendicular à base da bancada.

O presente sistema dispõe ainda de uma plataforma embarcada de prototipagem *open source Arduino* para ler os valores provenientes dos sensores utilizados: acelerômetro e potenciômetro, acoplados no motor, a fim de coletar os valores com a variação de tensão. Posteriormente ao recolhimento desses valores, eles são processados através de um tratamento computacional feitos pelo microcontrolador para extrair a aceleração, em seguida são enviados a um display LCD em tempo real.

### 2.2. Materiais Utilizados

A utilização de materiais reutilizáveis e de baixo custo é uma opção para incentivar e a construção de exemplares ou mesmo de outros protótipos que diminuam a cisão existente nas universidades no que desrespeito ao link da teoria e a interação real. A partir dessa concepção foram utilizados os seguintes materiais para a construção da Bancada:

- Ferro reutilizado de antigos portões, utilizado como base para a bancada;

- Poliestireno adquirido em fábrica de brindes;
- Motor de corrente alternada reutilizado de exaustores;
- Mola de compressão de 12 cm de aço;
- Hélice reutilizada de antenas de TV;
- Plataforma Arduino;
- Sensor Acelerômetro IMU 6DF;
- Display LCD;
- Dimmer;
- Protoboard;
- Fios jumper;
- Fita isolante.

### 2.3. Montagem da Bancada

A montagem da bancada é simples e com etapas fáceis. Primeiramente é necessário montar o suporte no qual o motor será suspenso, fixando quatro barras de ferro com 30cm formando um quadrado que será a base do sistema, depois unir duas barras de 35 cm e uma de 30 cm formando um retângulo vertical com a base, conforme representado nas Figuras 1 e 2:

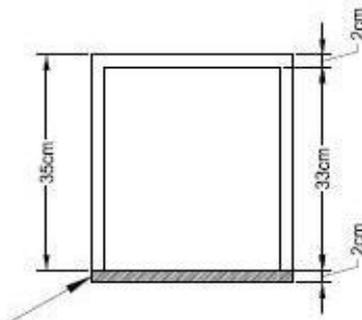


Figura 1: Vista frontal da base de ferro.

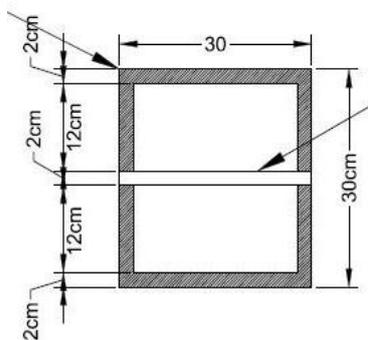


Figura 2: Vista superior da base de ferro

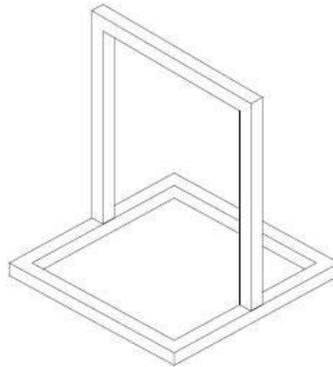


Figura 2: Perspectiva da base de ferro.

Na sequência montamos a caixa de Poliestireno seguindo as medidas do suporte de ferro de forma a proteger quem manuseia e quem observa o sistema em funcionamento.

A próxima etapa foi acoplar a mola de torção com 12 cm a parte superior do suporte e por seguinte suspender o motor de 0,786kg prendendo ele à mola, representado na Figura 3:

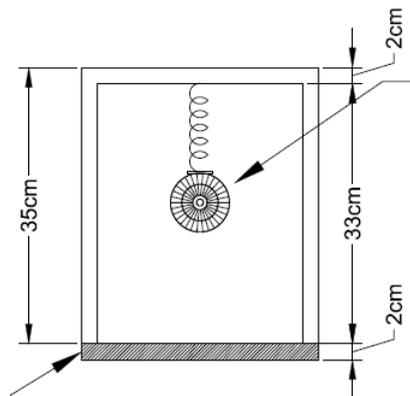


Figura 3: Vista frontal da mola e motor acoplados à base de ferro.

Depois que o esquema motor-mola foi montado inserimos uma hélice reutilizada de antena de TV e verificamos o peso a ser utilizado na ponta da mesma para realizar o desbalanceamento do eixo atingido os níveis desejados de vibração, para isso usamos fita isolante, pois poderíamos ir adicionando até o desejado, o peso obtido com a adição de fita isolante foi de 0,05kg. A seguir a Figura 4 representa a hélice acoplada ao motor:

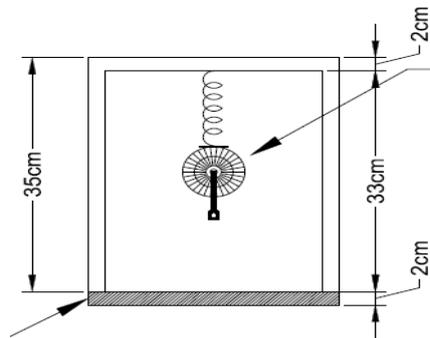


Figura 4: Vista frontal do sistema parcialmente finalizado.

Com o sistema mecânico montado partimos para a montagem do circuito instalando o sensor acelerômetro no motor e este no circuito da plataforma do microcontrolador Arduino com o propósito de ler os valores coletados e processar os dados de forma computacional e por fim envia-los ao display LCD disposto na Protoboard. Conforme podemos notar na sequência de figuras, a Figura 5 vislumbra o acelerômetro devidamente fixado ao motor e a Figura 6 representa o circuito do microcontrolador Arduino:

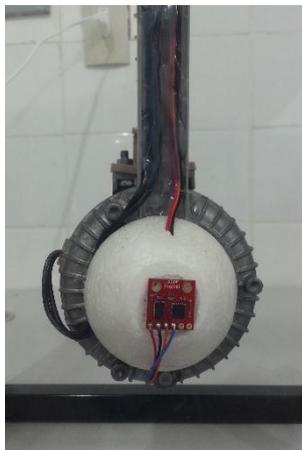


Figura 5: Acelerômetro acoplado ao motor.

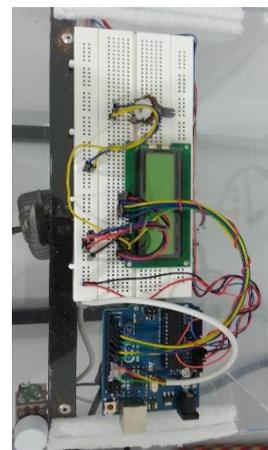


Figura 6: Circuito Arduino-Display

A Figura 7 a seguir configura o sistema da bancada completo, a finalização da montagem do sistema.



Figura 7: Sistema da bancada final.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A abordagem deste experimento foi dirigida para os alunos da universidade de graduação em Engenharia Elétrica no período da disciplina de Física II.

A bancada harmonizou com interatividade os conceitos adquiridos em sala de aula com a noção de realidade.

Ao alimentar o microcontrolador Arduino com corrente contínua, ele automaticamente aciona o acelerômetro e começa a realizar as leituras da aceleração de vibração no eixo das ordenadas Figura 8 (a) e enviar os dados ao display, além de acionar um emissor de luz como Figura 8 (b), como a seguir:

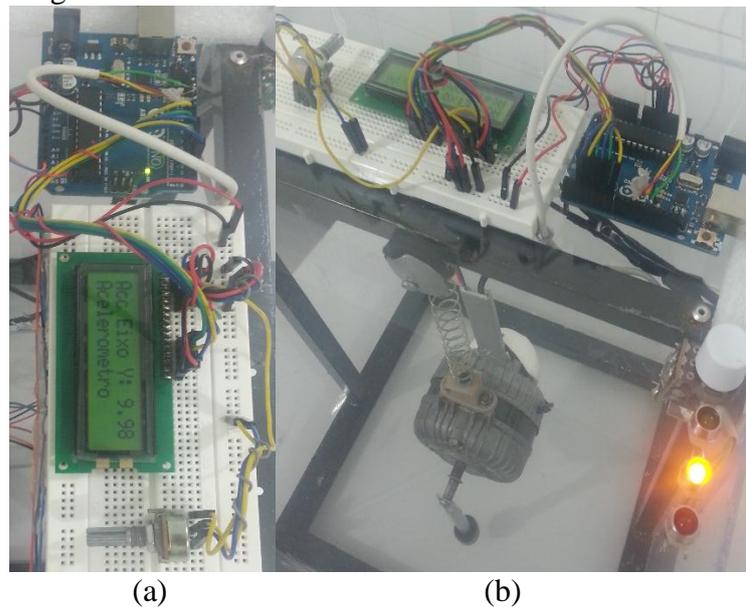


Figura 8: (a) dados de aceleração impressos no display; (b) LED amarelo acionado pelo Arduino.

Como vimos, a aceleração era aproximadamente 10, o que significa que o motor está parado, desta forma o acelerômetro está lendo apenas a aceleração da gravidade no motor e o Arduino ler estes dados e acendo o *LED* de cor amarela indicando que o motor está estabilizado.

Na figura 9, podemos observar o motor com 100% do seu funcionamento, assim sua vibração varia constantemente e as cores dos *LEDs* variam conforme o deslocamento no eixo das ordenadas:

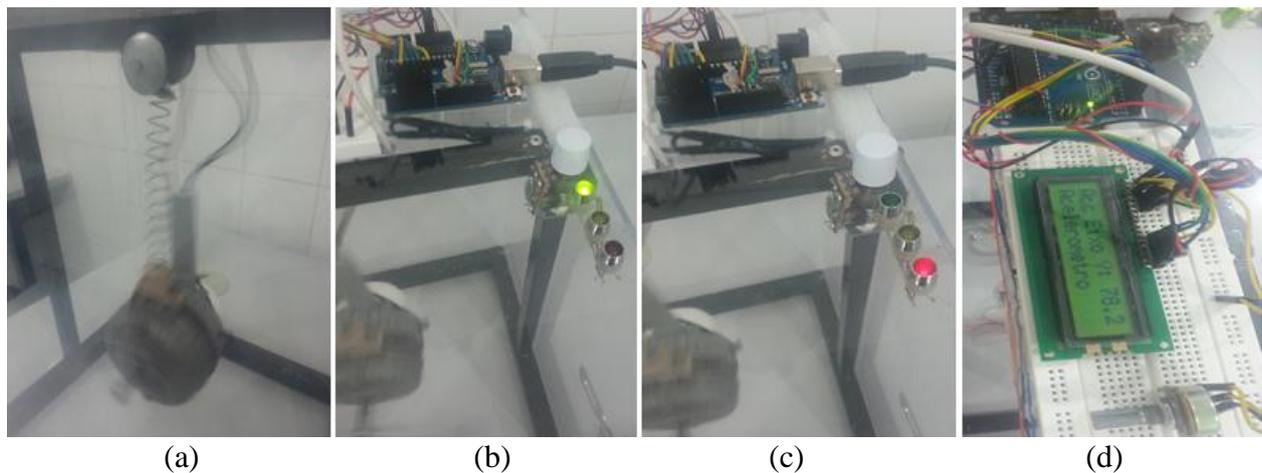


Figura 9: (a) representa o motor acionado vibrando e transmitindo tal vibração para a mola; (b) quando o motor vibra para cima o Arduino aciona o *LED* verde que indica o sentido superior da vibração; (C) quando o motor vibra para baixo o Arduino aciona o *LED* verde que indica o sentido inferior da vibração; (d) demonstra um valor de vibração que foi coletado pelo acelerômetro durante o processo.

Contudo, além de demonstrar de forma interativa a vibração realizada pelo motor quando este tem seu eixo de rotação desbalanceado, a bancada também possibilita a obtenção dos dados através do microcontrolador arduino possibilitando a confecção de gráficos específicos para o almejado, conforme listado nas figuras 10, 11 e 12:

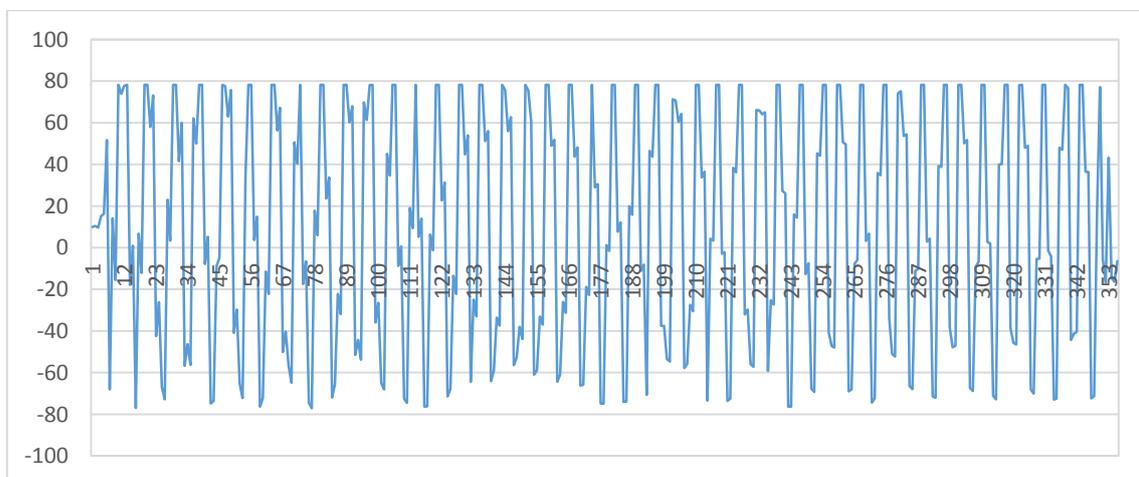


Figura 10: Gráfico representativo de vibrações a partir de valores adquiridos do arduino quando o motor estava com 100% de sua velocidade registrada.

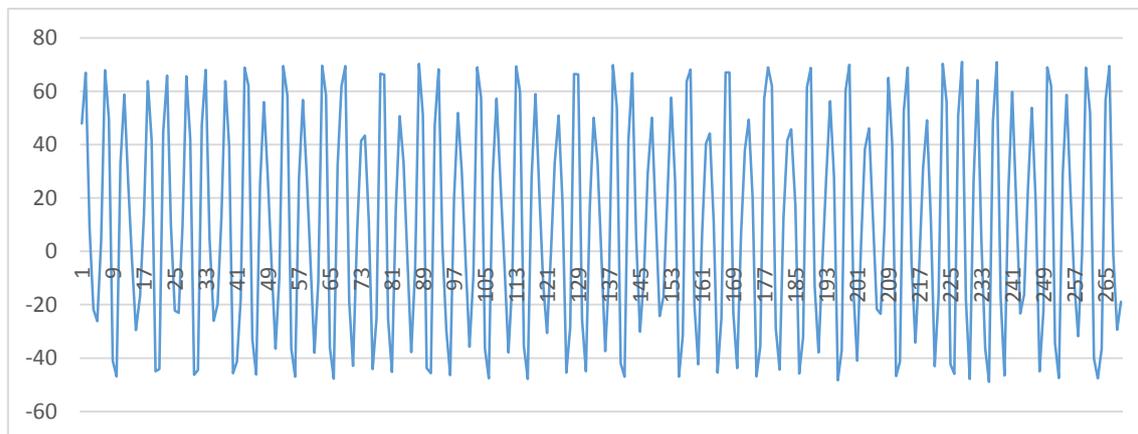


Figura 10: Gráfico representativo de vibrações a partir de valores adquiridos do arduino quando o motor estava com 50% de sua velocidade registrada.

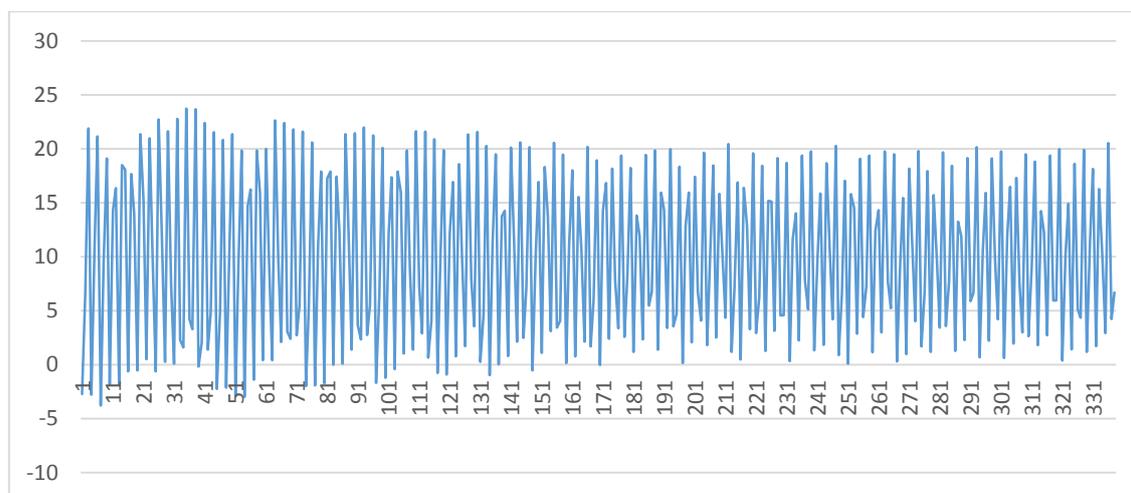


Figura 10: Gráfico representativo de vibrações a partir de valores adquiridos do arduino quando o motor estava com 10% de sua velocidade registrada.

#### 4. CONCLUSÃO

A utilização de experimentos/protótipos e a proposta dos discentes confeccionarem-nos, para ensino de engenharia cria uma nova possibilidade de aprendizado de modo a criar um processo diferenciado daquele simples contato com o conteúdo teórico da disciplina e sem interdependência com a realidade.

Dessa forma, a bancada para estudo de vibrações em um motor desbalanceado utilizando Arduino mostra-se de forma interativa, um interessante instrumento de aprendizagem no ensino de engenharia, por sua simples construção e implementação, por ser um trabalho com materiais

de baixo custo, uma vez que permite aos discentes aplicar e compreender grande parte dos conceitos relacionados a vibrações, lei de Hooke entre outros. Assim, esse protótipo torna-se um grande motivador na hora de aprender e desenvolver conhecimento, além de incentivar cada vez mais pesquisas e atividades com essa vertente na região amazônica.

## 5. REFERENCIAS

AFONSO, E. Efeitos das Vibrações na Saúde e Segurança do Trabalhador. Disponível em <[http://www.4work.pt/cms/index.php?id=98&no\\_cache=1&tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=133&tx\\_ttnews%5BbackPid%5D=100&cHash=6b648f5780](http://www.4work.pt/cms/index.php?id=98&no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=133&tx_ttnews%5BbackPid%5D=100&cHash=6b648f5780)> Acesso em: 20 fev. 2012

FREIRE, P. Pedagogia da Autonomia. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.

GAZOLA, R. J. C.; et al. O experimento investigativo e as representações de alunos de ensino médio como recurso didático para o levantamento e análise de obstáculos epistemológicos. V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (ERE BIO). Londrina: UEL, 2011.

LIMA, M. E. C. C.; JÚNIOR, O. G. A.; BRAGA, S. A. M. 1999. Aprender ciências – Um mundo de materiais. Belo Horizonte: Ed. UFMG. 78p.

LUNETTA, V. N. 1991. Atividades práticas no ensino da Ciência. Revista Portuguesa de Educação, v. 2, n. 1, p. 81-90.

SOEIRO, N. S. – Curso de Análise de Ruído e Vibrações. Belém: Curso de Especialização em Engenharia e Segurança do Trabalho - UFPA, 2009.

SOEIRO, N. S. – Curso de Fundamentos de Vibração e Balanceamento de Rotores. Belém: UFPA-ELETRONORTE, 2008.

VASCONCELOS, A. L. S.; COSTA, C. H. C.; SANTANA, J. R.; CECCATTO, V. M. 2002. Importância da abordagem prática no Ensino de Biologia para a Formação de Professores (Licenciatura Plena em Ciências / Habilitação em Biologia/Química - UECE) em Limoeiro do Norte.

## **BENCH FOR STUDY OF VIBRATIONS IN AN UNBALANCED MOTOR USING ARDUINO**

**Abstract:** *Part of the difficulty in engineering education is getting add theoretical knowledge to the practice which consequently discourages the student. Trying to alleviate this difficulty, it creates practical problems trying to encourage students to apply their knowledge in different ways, these problems can be computational order, resolved by programs through simulations or physical, to the realization of models, prototypes, countertops or interactive platforms with practical visual approach. From this it was proposed to the students of the Federal University of*



*Pará - Campus Tucuruí through the Research Group of Electrical and Mechanical Systems, in order to apply knowledge derived from multidisciplinary areas of engineering to build a prototype with reused materials and low cost enabling studies and analysis of vibrations in unbalanced motors. This system features an embedded platform Arduino open source prototyping to read values from the sensors used: accelerometers and potentiometers coupled to the engine, in order to collect values and vary the voltage supplied. The results are read by Arduino and computationally processed to be printed on an LCD display. Therefore, the aim of this work (Final This needs to be improved) is available in an accessible way using simple techniques a prototype that unifies the theoretical and practical knowledge of how the system counter that performs the analysis of vibration in an unbalanced engine interactively, in addition to encourage research and development of technologies in the Amazon region.*

*Keywords: Arduino, Engineering, Engines, Vibrations.*