



• INTEGRANDO ARTE, COMPUTAÇÃO E ENGENHARIA NO DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE UM PERSONAGEM ROBÓTICO

Dianne Magalhães Viana – diannemv@unb.br

Departamento de Engenharia Mecânica

Julia Ghorayeb Zamboni – juliaghorayeb@yahoo.com.br

Instituto de Artes

André Luiz Gonçalves Paiva – apaiva90@gmail.com

Gabriel Gomes Gaspar - gabriel.g.gaspar@hotmail.com

Flávio Vidal - fbvidal@gmail.com

Instituto de Ciências Exatas

João Gabriel Gomes – joao_unb_enm@hotmail.com

Felipe de Oliveira Ferreira – felipeoferreira@hotmail.com

Nathan Costa Alves Souza – nathansouza110@gmail.com

Departamento de Engenharia Mecânica

Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte

70910-900 – Brasília - DF

***Resumo:** No presente trabalho são apresentados os resultados obtidos em um estudo de caso que será utilizado como projeto-piloto para implantação da terceira fase dos projetos integradores no escopo de um programa de desenvolvimento de projetos interdisciplinares. A proposta do programa, em sua primeira fase, teve por objetivo criar condições para o desenvolvimento de projetos integradores, na forma de atividades curriculares, no curso de Engenharia Mecânica. Na segunda fase, o foco foi estender estas atividades a outros cursos da FT, sempre buscando criar um ambiente propício ao desenvolvimento de competências transversais adicionalmente à formação técnico-científica já adquirida nos currículos de Engenharia, apoiando-se em metodologia de aprendizagem baseada em projetos. O estudo de caso aqui tratado consiste na elaboração de um projeto no tema “Arte Robótica” por uma equipe de estudantes de diferentes cursos e níveis de conhecimento. A implementação do projeto é apresentada, ressaltando-se as contribuições e inter-relações entre as áreas e os resultados obtidos nos dois semestres letivos de 2011.*

***Palavras-chave:** Projetos interdisciplinares, Aprendizagem baseada em projetos, Projetos integradores.*

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta como abordagem norteadora os estudos desenvolvidos por ocasião da discussão dos projetos pedagógicos dos cursos da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília. Foram discutidas propostas para implantação de projetos de síntese e integração de conhecimentos na forma de atividades do tipo PBL (*problem based learning*) ou aprendizagem baseada em problemas para complementar a formação profissional, seja por

Realização:



Organização:





contextualizar conhecimentos adquiridos em disciplinas teóricas, possibilitar abordagem de aspectos sociais, econômicos e ambientais sob a forma de temas transversais, ou por simular situações vivenciadas no ambiente de trabalho. Pressupõe-se ser uma forma dos estudantes se beneficiarem de um meio de aprendizagem propício ao desenvolvimento de habilidades e competências usualmente pouco frequentes em disciplinas da grade curricular. Com este propósito, experiências foram realizadas em disciplinas do curso de Engenharia Mecânica e Mecatrônica em 2007 e 2008 com o apoio de professores do ENM. O diagnóstico da primeira experiência motivou o estudo e elaboração de um procedimento por Santana et al. (2008) e as experiências seguintes foram realizadas a partir de adaptações desta metodologia.

Diversos autores têm se debruçado sobre esta problemática, seja na busca e experimentação de novos métodos de ensino e aprendizagem que proporcionem aos estudantes a oportunidade de se desenvolverem de forma plena, seja na implantação de ambientes que simulem situações da prática profissional.

Campos (2009) indica que as diversas denominações que surgiram para este tipo de abordagem com o passar dos tempos, modificam apenas o foco de aplicação do método, seja restrito ao curso, aberto à comunidade ou à indústria: PBL (*Project Based Learning*, traduzido por Aprendizagem Baseada em Problemas); PLE/PBLE (*Project Led Education/Project Based Learning in Engineering*, ou Aprendizagem Baseada em Projetos); PPBL (Aprendizagem Baseada em Problemas e Projetos; P3BL (Aprendizagem Baseada em Problemas, Projetos e Práticas). No entanto, a denominação PBL tem sido utilizada de forma generalizada para a aprendizagem baseada em projetos (*Project Based Learning*).

A denominação PLE foi utilizada por Powell e Weenk para indicar uma metodologia de ensino-aprendizagem ativa e colaborativa, baseada no aluno e no seu desempenho. Também se concentra no trabalho em equipe, no entanto desenvolve competências de ordem técnica e diferencia-se por criar simultaneamente, competências transversais, tais como, trabalho em equipe, disciplina, espírito crítico, iniciativa e relaciona conteúdos interdisciplinares de forma integrada (POWELL & WEENK, 2003).

A metodologia utilizada para os projetos integradores referidos no presente trabalho se aproxima da abordagem de Powell e Weenk, apoiada na aprendizagem ativa, colaborativa e natural, na qual o estudante cria sua própria situação de aprendizado e que se verifica no processo de desenvolvimento do projeto onde a equipe é o núcleo do ambiente de aprendizagem. Enquanto atitudes são requeridas para a execução do projeto, habilidades e competências técnicas e não técnicas são criadas e trabalhadas. Neste sentido, o objetivo deste trabalho consiste em apresentar o ambiente de desenvolvimento de um projeto que relaciona conteúdos interdisciplinares de forma integrada.

2. PROJETOS INTEGRADORES INTRACURSOS E ENTRE CURSOS

O Projeto Integrador (PI) teve início em 2007 constituindo não uma disciplina, mas um projeto, cuja base de conhecimento é propiciada por um grupo de disciplinas, aqui denominadas “disciplinas-base”. Os resultados do projeto contribuiriam de alguma forma para o resultado final de cada uma destas disciplinas. Posteriormente, o Projeto Integrador foi formalizado por meio de duas disciplinas optativas do currículo de Engenharia Mecânica, mantendo a ideia de interligação às outras disciplinas, duas ou três, em função do tema escolhido para o projeto daquele período.

Os professores das disciplinas-base participam na orientação, supervisão e avaliação das atividades - um dos quais atuará como coordenador geral do Projeto Integrador - e os alunos participam como executores dos projetos.



Três fases podem ser definidas com base na abrangência dos projetos.

2.1. Fase 1: Intracurso

Esta fase compreende à integração de conhecimentos envolvendo disciplinas dentro do próprio curso mesmo que de diferentes semestres como ilustrado na Figura 1 (TORRES et al., 2011).

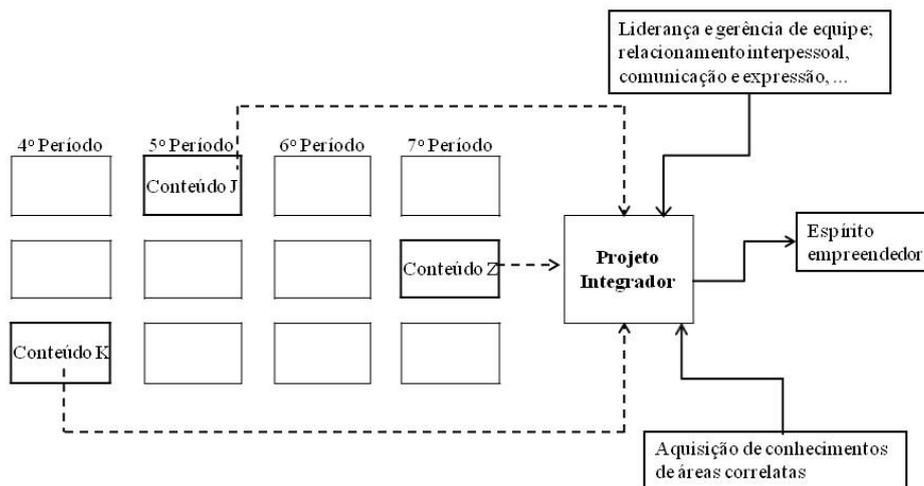


Figura 1 – Esquema exemplificando a abrangência do Projeto Integrador na matriz curricular.

2.2. Fase 2: Entre cursos

Nesta fase as disciplinas-base perdem a importância em função da dimensão do projeto. Os conhecimentos necessários à sua execução são mais amplos e também dependem da inter-relação entre as áreas, Figura 2. Um número de disciplinas-base acima de três também não é viável em razão das dificuldades de se realizar um trabalho cooperativo eficaz entre os participantes.

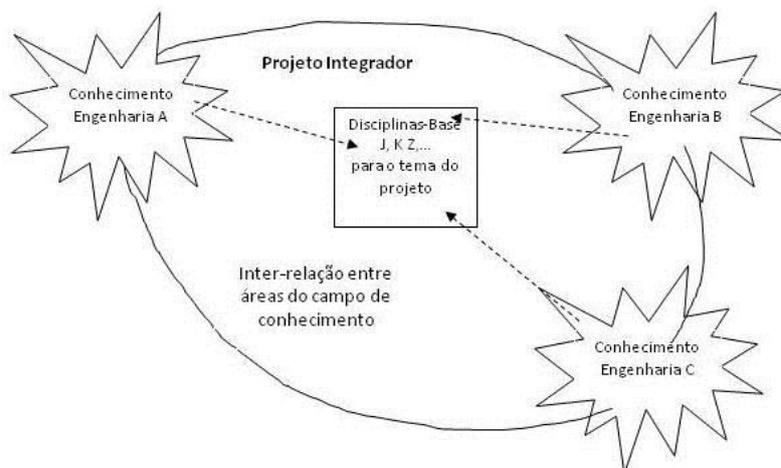


Figura 2 – Esquema exemplificando as contribuições de conhecimento de áreas da Engenharia para as disciplinas-base do projeto integrador.



2.3. Fase 3: Entre cursos de diferentes campos de conhecimento

Os temas dos projetos são abrangentes e o seu desenvolvimento deve favorecer a interação entre campos de conhecimento; os projetos devem gerar produtos, ainda que protótipos, divulgar conhecimentos e prever benefícios para a sociedade. Em função destas características, o tema também será proposto como um projeto de extensão formal para obter apoio institucional e recursos para sua viabilidade.

As disciplinas-base passam a ser um ponto de partida para a busca de participantes para o projeto em sua fase preliminar, onde o foco é o estudo exploratório do tema, a definição dos requisitos de projeto, o estudo de viabilidade e o plano de projeto. Esta fase preliminar é abrangida pela disciplina Projeto Integrador 1, de duração semestral. No semestre seguinte é ofertada a disciplina Projeto Integrador 2. As disciplinas-base podem ser alteradas; a concepção é revista; uma nova proposta é apresentada, o plano de projeto é atualizado e a fase de detalhamento se inicia. A disciplina Projeto Integrador 1 não é pré-requisito para a disciplina Projeto Integrador 2 e novos participantes podem ingressar no projeto.

3. ESTUDO DE CASO – PROJETO ARTE ROBÓTICA

A maior parte dos experimentos efetivados com projetos integradores na Faculdade de Tecnologia tem sido realizada com disciplinas de um mesmo curso. Há duas experiências de projetos com disciplinas de diferentes cursos de engenharia. O estudo de caso do presente trabalho envolve disciplinas-base dos cursos de Engenharia Mecânica e Ciência da Computação para desenvolver um projeto em parceria com o Instituto de Artes da UnB.

Em projetos da área de arte e tecnologia, prescinde-se que o processo de produção seja colaborativo, uma vez que é composto por áreas de conhecimento diferentes. Logo, foi criado um grupo interdisciplinar, no escopo das disciplinas Projeto Integrador 1 e Projeto Integrador 2 abrangendo os dois semestres letivos de 2011 e, de um projeto de extensão, para continuidade no ano de 2012. O número de membros da equipe variou entre 6 e 9, envolvendo estudantes de graduação de diferentes semestres dos cursos de Matemática, Ciência da Computação, Mecatrônica, Engenharia Mecânica, Geociências e de pós-graduação em Arte.

O projeto Arte Robótica tem como objetivo abordar os parâmetros expressivos, tecnológicos e metodológicos envolvidos nas obras de arte robóticas.

3.1. Sobre obras de arte robóticas

Uma vez que um artista escolhe desenvolver um projeto de arte robótica, ele faz escolhas que afetam a expressividade da obra. As principais variáveis neste tipo de obra são a morfologia, a modelagem comportamental, se a obra será interativa e em que tipo de ambiente ela será exposta.

Morfologia

O estudo das formas que os robôs podem assumir definem configurações, antropomórficas, zoomórficas ou mecanomórficas. A partir da forma dos seus corpos e dos materiais com os quais eles são feitos, estes entes podem evocar significados muito diversos.

Entretanto, os personagens robóticos não precisam ser antropomórficos ou zoomórficos para parecerem criaturas vivas. O surgimento da arte robótica, nos anos 60, estava relacionado com uma estética antimimética das máquinas com relação aos seres humanos. Estes artistas



preferem criar robôs não antropomórficos ou zoomórficos, de forma que trabalham intensamente em sua movimentação e modelagem comportamental para criar a ilusão de vida.

Os graus de antropomorfismo variam muito nas obras robóticas e são escolhidas de acordo com a intenção do artista, o tipo de questionamentos que ele pretende gerar e o efeito desejado para a cena que será criada. Demers (2008) explica que o movimento de um objeto pode ser percebido de tal maneira que até um robô de forma abstrata pode parecer orgânico, fluido e mesmo antropomórfico, apenas por meio de movimento e contextualização.

Modelagem comportamental

Para que a máquina possa simular a vida a partir dos seus movimentos, a programação de suas ações deve ser diferenciada da que é desenvolvida em robôs industriais. A animação da máquina tende a ser baseada nos mecanismos sensoriais e nas formas de comunicação dos seres vivos, que podem ser verbais ou não verbais, como a fala, as posturas e as expressões faciais. Os comportamentos adotados pela máquina são gerados a partir de motivações externas, como por exemplo, os espectadores e, por motivações internas, que são as características psicológicas escolhidas para o personagem. O estado interno do organismo pode gerar respostas diferentes para estímulos externos iguais. Desta forma, os robôs são capazes de representar criaturas com personalidade e assumir características de seres assustados, carentes, sexuais e principalmente, autônomos.

Interatividade

A interação entre a obra de arte e o público tem sido amplamente explorada por artistas contemporâneos que trabalham com tecnologia. Neste tipo de obra o espectador pode ter acesso a respostas diferentes do sistema, dependendo da forma como ele agir. A interatividade proporciona à audiência uma ampliação de sensibilidade e um despertar de curiosidade, uma vez que quem interage penetra na obra e pode intervir diretamente sobre ela. Assim o espectador percebe a obra não apenas visualmente, mas também sensorialmente.

Em obras de arte robóticas a utilização da interatividade é um dos meios utilizado pelos artistas para ampliar o efeito de ilusão de estar em contato com um personagem autônomo. Normalmente estes robôs não podem ser totalmente controlados pelos interatores, pois dentre determinado número de ações disponíveis, elas muitas vezes são escolhidas por um processo alheatório. Neste caso, a atuação desempenhada não ocorre com *script* fechado e sim, com uma série de ações pré-definidas, escolhidas a partir da relação estabelecida com o espectador.

Ambientação

A ambientação das obras robóticas pode variar muito. A escolha do espaço também irá sugerir conceitos e estéticas distintas. As encenações robóticas podem ocorrer em espaços como o palco convencional, em ambiente de imersão, os espaços de galerias e os espaços públicos, como as ruas. Quando personagens robóticos atuam em palcos convencionais, a plateia fica imóvel e interage pouco com a obra. Os robôs também podem estar instalados em ambientes controlados. Instalar o robô em um ambiente fechado e controlado permite que o espectador ocupe o espaço cênico ativamente de forma a imergir na realidade do personagem e modificá-la. Alguns destes personagens foram produzidos para moverem-se livremente nos espaços de galerias e até mesmo na rua. A opção de tirar o robô do mundo ficcional e inseri-lo nos espaços públicos cria uma mudança na nossa percepção da realidade. Neste caso, já não se trata de produzir uma realidade ficcional e sim de criar uma intervenção na realidade de forma a gerar questões sobre assuntos como as implicações sociais da “inteligência artificial”.



3.2. A obra

Um personagem humanoide, em tamanho natural ficará exposto no interior de um ambiente escuro, formado por 4 biombos arredondados pendurados no teto da galeria de forma a oferecer 3 entradas para o observador. O personagem reagirá à presença das pessoas que, dependendo da direção que o espectador se aproxime, suas reações serão diferentes.

Quando o observador se aproximar do personagem pela frente, ele produzirá um movimento de respiração que demonstre calma. Ao se aproximar pela lateral, ele irá respirar de forma mais acelerada, aparentando medo. Quando a pessoa se aproximar por trás do personagem, ao chegar à determinada distância, ele se movimentará como alguém que leva um susto. Em determinados momentos, o personagem aparentará dormir (respirar lenta e profundamente, com os olhos fechados), de forma que ele não responderá à presença das pessoas. Para simular a percepção visual do personagem de forma que ele estabeleça contato com o público, será possível mexer os olhos e o pescoço para olhar na direção do espectador.

A respiração foi escolhida como elemento principal a ser desenvolvido porque no teatro de bonecos é considerada como o movimento mais importante para denotar sinal de vida em um objeto e é normalmente o primeiro movimento a ser realizado para indicar a sua animação. Ela reflete o estado emocional do personagem. Já o foco do olhar representa o estado mental do personagem. A visão é um dos sentidos pelo qual o personagem percebe o mundo e é esta percepção que permite que ele mantenha contato com os espectadores.

4. DISCIPLINAS ENVOLVIDAS E SUA DINÂMICA

4.1. Disciplinas-base envolvidas

As disciplinas-base são escolhidas em função do tema de projeto. Assim, como este envolverá a construção de um personagem robótico interativo e capaz de realizar alguns movimentos, deverá ser percebida a presença de pessoas no ambiente para que sejam comandadas ações mecânicas. Neste sentido, foram definidas as disciplinas: Princípios de Visão Computacional, do curso de Ciência da Computação e Mecânica 2 (Dinâmica), do curso de Engenharia Mecânica, cujos programas são mostrados na Tabela 1.

Mecânica 2 é uma disciplina de 4º semestre, obrigatória e presencial, do curso de Engenharia Mecânica, com aulas teóricas e método tradicional, ou seja na forma expositiva. Para aprovação na disciplina, o estudante deve obter o valor mínimo de 5 em escala de 0 a 10 como média aritmética dos resultados de três provas.

Princípios de Visão Computacional é uma disciplina de 6º semestre, optativa e presencial, do curso de Ciência da Computação. O processo de avaliação foi realizado com base em quatro experimentos práticos e, também, um projeto, contemplando os assuntos abordados na parte teórica ministrada em sala de aula na forma expositiva. Para aprovação na disciplina, o estudante deve obter o valor mínimo de 5 em escala de 0 a 10 como média aritmética aplicada entre a nota obtida no projeto e o resultado da média geométrica dos experimentos.

4.2. Disciplinas de integração

Na disciplina Projeto Integrador 1 foi desenvolvida a etapa do projeto denominada por proposta de solução, que se caracterizou por um estudo exploratório acerca do tema do projeto. Neste estudo foram realizados os levantamentos de informação sobre morfologia de



robôs, modelagem comportamental, interatividade e ambientação de modo a serem definidos os objetivos do projeto e identificados os requisitos necessários ao desenvolvimento de um personagem robótico que atendessem a estes objetivos. Neste sentido, foi apresentada uma proposta e um plano de trabalho que contemplaram as características gerais do robô e do ambiente, sendo especificadas as funções humanas a serem representadas pela máquina, também os membros móveis e não móveis, a estrutura e forma geral, o projeto preliminar com a definição e dimensionamento dos elementos básicos que iriam constituir-lo (cabeça, olhos, pescoço, peitoral) e os movimentos associados a estes elementos (movimento de olhos, pescoço e respiração). Os resultados das atividades previstas foram apresentados em forma de relatórios parciais e final. Como regra, os relatórios são entregues em seções denominadas pontos de controle, nas quais uma banca formada por professores das várias áreas relacionadas ao projeto tem a função de realizar a avaliação. Os pontos de controle são realizados ao longo do semestre com intervalos de aproximadamente um mês entre eles a partir do final do primeiro mês de atividade. Os aspectos avaliados são relacionados às habilidades e competências ditas transversais apresentadas pelo grupo como um todo e pelos alunos individualmente e, ao mérito técnico da solução apresentada.

Tabela 1 – Programas das disciplinas-base.

Princípios de Visão Computacional	Mecânica 2
<ol style="list-style-type: none">1. Definições de Visão Computacional: histórico, princípios básicos, estruturas fundamentais; visão de máquina.2. Percepção e Inteligência: definições e processos.3. Câmeras: câmeras sem lentes (pinholes), câmeras com lentes, câmeras CCD; olho humano; modelagem de câmeras, parâmetros intrínsecos e extrínsecos. Múltiplas vistas.4. Visão estéreo: geometria epipolar, calibrações, reconstrução; fusão de imagens por correlação;5. Movimento em imagens: definições, tipos de movimentos; Egomovimento; Extração de movimento, fluxo óptico: diferencial, similaridade e filtragem espaço-temporal.6. Rastreamento de imagens: definições, estruturas básicas, métodos determinísticos, associação de dados e estocásticos; rastreamento de múltiplos objetos; oclusões;7. Reconhecimento de Objetos.	<ol style="list-style-type: none">1. Introdução: modelagem dinâmica de sistemas mecânicos; domínio da mecânica.2. Conceitos Básicos: movimento de um ponto; força, massa e aceleração; equações de movimento para o centro de massa; momento de inércia.3. Métodos de Energia: trabalho e energia cinética; energia potencial; impulsão, momento linear e angular.4. Cinemática dos Corpos Rígidos: cinemática de corpos rígidos no espaço e no plano; noções gerais mecanismos; contatos deslizantes; mecanismos planos articulados; rotação sem deslizamento.5. Dinâmica dos Sistemas de Partículas: equações de movimento para um sistema de partículas; trabalho e energia; impulsão, momento linear e angular.6. Dinâmica de Corpos Rígidos: dinâmica de corpos rígidos no espaço e no plano; balanço de momento linear e angular; energia cinética; equações de Euler; movimento giroscópico; modelagem e simulação de mecanismos planos articulados.

A disciplina Projeto Integrador 2 mantém a mesma metodologia aplicada na disciplina Projeto Integrador 1, no entanto o foco é diferente. Enquanto nesta, o foco é a organização da equipe e do trabalho, na segunda o foco é no processo de desenvolvimento do projeto e nos resultados técnicos alcançados. Na disciplina Projeto Integrador 2 foi desenvolvida a etapa de detalhamento do projeto, realizada a partir das soluções propostas pelos alunos do primeiro semestre. Algumas soluções propostas foram revistas e, com base na avaliação do grupo, foi definida a solução mais adequada para a construção do protótipo, sendo apresentada uma nova proposta e plano de trabalho. Nesta fase os subsistemas constituintes do personagem robótico foram construídos e testados pela equipe.



5. RESULTADOS OBTIDOS

Os projetos desenvolvidos no âmbito da aprendizagem baseada em projetos têm em sua estruturação aspectos relacionados à sua concepção enquanto instrumento de aprendizagem, mas têm também, aspectos relacionados aos seus resultados enquanto um projeto, os quais podem ser considerados como um produto resultante do processo de aprendizagem.

Nesta perspectiva, o projeto a ser desenvolvido é a tarefa prescrita à equipe de estudantes, mas o objetivo é desenvolver nos estudantes as habilidades e competências para realizarem tarefas complexas em conjunto. A preocupação aqui não é apenas com o produto da aprendizagem, mas com o processo que possibilita a mudança dos sujeitos envolvidos.

5.1. Enquanto produto da aprendizagem

Diz respeito ao desenvolvimento e construção do personagem robótico e todos os seus subsistemas descritos a seguir.

Cabeça

A cabeça, Figura 3a, inicialmente foi modelada em argila para que, em seguida, fosse construído um molde de gesso da peça. O molde foi utilizado para fundir a forma do rosto no látex, que é um material flexível, portanto, adequado à movimentação da peça.

Olhos

Para obter a movimentação dos globos oculares do personagem dentro da faixa de movimentos dos olhos humanos, foi elaborado um sistema de servomecanismos com reduções de velocidade controladas. O sistema consiste de dois servomotores TGY-90s, elementos articulados de arame fino de aço 1020, fios de nylon e contrapeso. A montagem do sistema foi realizada em uma base presa no “crânio” para fixar os olhos na posição adequada. Na Figura 3b é mostrado o posicionamento do globo ocular em um suporte para testes.

O controle dos servomotores é realizado por meio de circuito USB Mini Maestro de 24 canais. Este controlador dá suporte USB para conexão direta a um computador e possibilita o uso de script interno para aplicações independentes de controle por host. Cabe observar que este circuito também faz o controle do pescoço e, numa fase posterior, será usado para o controle da movimentação dos músculos da face.

Os servomotores são acionados por sinal PWM, variando o tempo de pulso entre 1 ms a 2 ms, dentro da faixa de posição angular de 0 a 180 graus. O sistema desenvolvido possibilita o movimento acoplado e, assim, é capaz de representar o movimento angular dos olhos. Utilizando a linguagem *script* do circuito Mini Maestro, é possível detectar o espectador que se aproxima e emitir como resposta do personagem o movimento dos olhos.

Pescoço

O pescoço mecânico é uma junta composta por uma base e uma haste vertical. Este sistema foi construído com a finalidade de executar movimentos com dois graus de liberdade, para frente e para trás, com 135°, e o movimento lateral, com 180°. Na base do “pescoço” é posicionado um servomotor que proporciona o movimento horizontal e, na haste, o outro servomotor responsável pelo movimento de abaixar e levantar a cabeça. Este sistema é fixado à estrutura da “coluna vertebral” e também serve como apoio para a estrutura do crânio, Figura 3c e 3d.

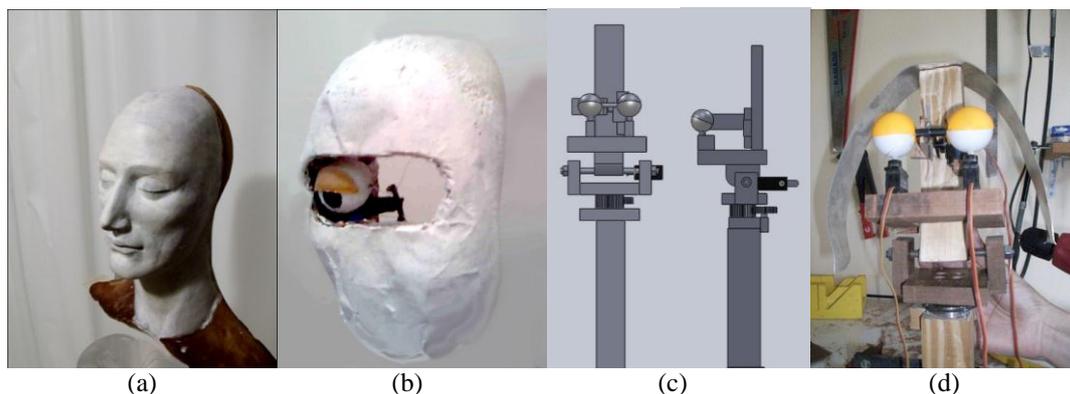


Figura 3 – (a) Rosto em látex; (b) Suporte para teste de olhos; (c) Desenho da estrutura da cabeça e coluna; (d) Estudo da estrutura da cabeça em madeira.

Tórax e respiração

Para simular a respiração do personagem, foi construída uma estrutura de alumínio aludindo à forma do esqueleto humano, em particular, da coluna vertebral e costelas, Figura 4. Dentro da estrutura são inseridos os motores que funcionam com uma frequência pré-determinada para simular a respiração humana. Cada motor elétrico aciona um rotor conectado a duas hastes que, por fim, conectam-se diretamente às costelas. Neste caso, o movimento de giro do motor promove a expansão das costelas (deformação elástica) por serem fabricadas em lâminas flexíveis.

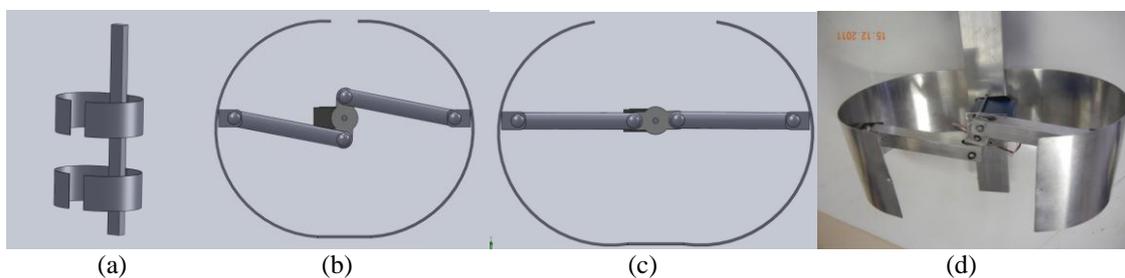


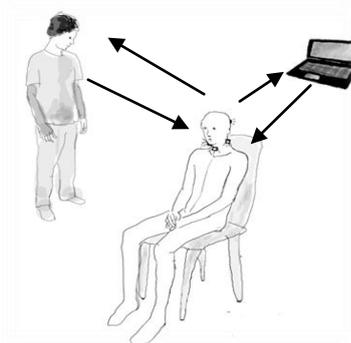
Figura 4 – (a) Estrutura do tórax; Mecanismo de simulação do movimento (b) de contração; (c) de expansão; (d) Mecanismo em alumínio.

Programação e visão computacional

Para gerar a interatividade do personagem, foram necessárias a implementação de três etapas: reconhecimento do ambiente, interpretação de estímulos e codificação das reações. Na Figura 5 é mostrado um esquema do processo explicado a seguir. A integração da visão computacional no projeto seria justamente fornecer dados sobre o posicionamento de pessoas na cena e, ainda, ser capaz de aferir uma aproximação destas em relação ao modelo. Ao se trabalhar com programação para processamento de imagens, há diversas linguagens com funções predefinidas para manipulações tanto de vídeos quanto de imagens. Alguns exemplos são C/C++, Python e MATLAB. No entanto, para diversas aplicações, opta-se por se utilizar C/C++, devido a velocidade de processamento nestas linguagens, que são de mais baixo nível. Na linguagem C, comumente utiliza-se biblioteca de funções OpenCV para tais processamentos.



(a)



(b)

Figura 5 – (a) Detecção de face; (b) Atuação interativa.

A biblioteca *OpenCV* possui diversos exemplos de sua funcionalidade em seus diretórios. Um deles é a rotina *facetedect.c*. O algoritmo desta rotina se utiliza da imagem da *webcam* para desenhar retângulos na imagem referentes a localização de faces e, assim, mostrar na tela tal imagem. Para isso foi utilizado um algoritmo denominado *Haarlike Features*, que realiza um tipo de *template-matching* – basicamente uma busca de uma imagem em outra se utilizando de subtrações ou outras operações – unido a um *classifier cascade* (em tradução livre: classificador em cascata). Esse *classifier cascade* é, em essência, um conjunto de imagens em treinamento constante que servirão de base para o *template-matching*, atualizando-se constantemente e, assim, tornando a busca de faces robusta, uma vez que se adapta a variações de iluminação e tamanho.

O processamento ocorre em tempo real de imagens. Os dados do ambiente são captados pelas câmeras na forma de sinais de imagens, nos quais se buscam padrões. A interpretação de estímulos é realizada por meio do aplicativo desenvolvido, que é capaz escolher uma resposta dentre possíveis programações para aquele padrão identificado, gerando uma instrução ou um comando. As instruções são codificadas e enviadas ao microcontrolador - conectado ao computador-, usado para acionar os servomotores de forma apropriada. Deste modo, as ações podem ser codificadas em reações mecânicas, tais como alteração no padrão de respiração e movimentos da cabeça e dos olhos.

5.2. Enquanto processo de aprendizagem

É importante avaliar se o desenvolvimento do projeto possibilitou a contextualização dos conhecimentos teóricos apreendidos em sala de aula, ou mesmo, a cobertura de um tópico do programa que não tenha sido coberto em sala. Cabe observar que o aprendizado é mais significativo quando este é construído e aplicado.

No que se relaciona à disciplina Princípios de Visão Computacional, de acordo com o professor responsável, dos tópicos descritos no programa desta disciplina, na Tabela 1, foram contextualizados no processo de desenvolvimento do projeto os de números 1, 3, 5, 6 e 7. Os estudantes utilizaram as informações expostas em sala de aula para constituir parte do conhecimento teórico necessário ao desenvolvimento do projeto e, além disso, buscaram recursos ferramentais adicionais - treinamento na ferramenta *OpenCV*, por exemplo - para a realização do projeto.



Já quanto à disciplina Mecânica 2, de acordo com o depoimento de um dos estudantes que cursaram a disciplina,

“Durante o projeto, na confecção do sistema de respiração, foram utilizados os conhecimentos apreendidos acerca dos mecanismos, em especial, planos e articulados, conceitos que estão presentes na cinemática de corpos rígidos. Foi necessário também estudar os tipos de movimentos e suas particularidades, além de análises de balanços de força e momentos e modelagem e simulação de mecanismos planos articulados, tópicos esses que pertencem à dinâmica de corpos rígidos”.

E, ainda,

“Os conceitos abordados durante as aulas serviram de base para a construção dos mecanismos. A partir deles que pudemos desenvolver e aplicar ideias fisicamente viáveis e adequadas tendo em vista os objetivos do projeto, bem como identificar e corrigir deficiências de projeto que surgiram ao longo do processo de desenvolvimento deste”.

5.3. Das avaliações

Foram definidos 3 pontos de controle e realizadas avaliações por uma banca de professores a cada semestre. Além disso, foram aplicados aos estudantes dois diferentes formulários de avaliação contemplando avaliação por pares, avaliação da equipe e autoavaliação. Na Tabela 2 são apresentados os resultados de uma questão aberta na qual se solicita descrever os pontos fortes e fracos do projeto.

Tabela 2 – Programas das disciplinas-base.

Avaliação do Ponto de Controle 3 -1º Semestre		
Opinião	Pontos fortes	Pontos fracos
Professores	Os trabalhos são complementares; Modelos físicos adotados e soluções possíveis; Participação ativa; Modelo de respiração fundamentado pela fisiologia humana.	Apresentação do problema e contextualização; Caracterização matemática dos modelos; Hipóteses teóricas não fornecem ainda bases firmes para a construção do projeto; Apresentação do trabalho sem relação entre as partes; Problemas de comunicação.
Estudantes	Conhecimento adquirido; Trabalho em equipe; Realização de apresentações; Conhecimento de outras áreas; Experiência; Projeto real; Aplicação de conhecimentos teóricos; Motivação.	Falta de tempo; Falta de recursos financeiros; Alterações nos objetivos; Falta de colaboração de alguns; Equipe com pouco conhecimento; Dificuldades de relacionamento; Dificuldades de comunicação.
Avaliação do Ponto de Controle 3 -2º Semestre		
Opinião	Pontos fortes	Pontos fracos
Professores	Visão Computacional: detalhamento e depuração; Mecânica: montagem do tórax e testes; Subistemas funcionais; Acuidade, dedicação e capacidade de abordar sistemas complexos; Bom relacionamento entre os integrantes da equipe.	Faltou solução definitiva para o modelo do pescoço; Dificuldades de interação/integração para solução dos problemas; Dificuldades com a gestão do processo de projeto; Grande parte do trabalho feito de última hora.
Estudantes	Disciplina; Trabalho em grupo; Planejamento do projeto; Integração; Aprendizado prático; Melhorias na análise do projeto; Experiência.	Falta de organização; Dificuldade no cumprimento de prazos; Disponibilidade de tempo; Falta de recursos.



6. CONCLUSÕES

Por meio da criação de um ambiente de aprendizagem para o desenvolvimento de um personagem robótico e dos resultados obtidos durante o processo de execução do projeto, são concretizados os ganhos de conhecimentos e competências discentes propiciados pelo trabalho colaborativo em equipe.

Os resultados obtidos até a atual fase de execução do projeto podem ser classificados quanto: i) aos conhecimentos adquiridos pelos estudantes; ii) ao desempenho dos estudantes em relação às atividades desenvolvidas no projeto; iii) aos produtos gerados pela equipe. Os conhecimentos adquiridos foram evidenciados nas soluções encontradas para resolver os problemas que surgiram ao longo do desenvolvimento do projeto. O desempenho dos estudantes foi avaliado qualitativamente, por meio dos progressos obtidos semanalmente na execução de suas tarefas e mensalmente nos pontos de controle. Os produtos gerados foram avaliados no final de cada semestre letivo por ocasião da elaboração dos relatórios do projeto.

Cabe observar a importância desta proposta na formação dos estudantes uma vez que provê a contextualização de conteúdos de disciplinas teóricas, experiência prática, oportunidade de trabalhar em equipe interdisciplinar e a possibilidade de inserção de temas transversais relacionados ao tema do projeto como sua sustentabilidade e interesse social.

Com base nos resultados do presente trabalho poderá ser definido um procedimento que capaz de ser replicado e que permita a aplicação da proposta em projetos de maior alcance.

Agradecimentos

Ao DEX/UnB, ao DEG/UnB e à FAP-DF pelo apoio institucional e financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, L. C. ; DIRANI, E. A. T. ; LOPES, J. A. ; PIALARISSI, P. R. ; WUO, W. PBL in the Teaching of Biomedical Engineering: a Pioneer Proposal in Brazil. In: **1st Ibero-American Symposium on Project Approaches in Engineering Education**, PAEE, 2009, Guimarães, Portugal.

DEMERS, L. P., HORAKOVA, J. **Anthropocentrism and the Staging of Robots**. In: *Transdisciplinary Digital Art*. Springer, Berlin, 2008. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/h884076117578741/>> Acesso em: 18 de maio de 2012.

POWELL, P. C. AND WEENK, W., **Project-led engineering education**. Lemma: Utrecht. 2003.

SANTANA, A.C., JÚNIOR, T. D, FILHO, W. B. V., CARVALHO, J. D. A. AND JÚNIOR, H. A., “Uma metodologia para implementação da aprendizagem orientada por projeto, na engenharia, com foco nas competências transversais.”, **Anais do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, São Paulo, 2008.

TORRES, R. N.; DE ALENCAR, R. F. M.; N'GUESSAN, A. J. B. R. K.; VIANA, D. M.; MARANHÃO, A. C. K.; GARROSSINI, D. F. Projetos integradores: uma reflexão sobre a aplicação de experiências com base na aprendizagem orientada por projetos. **Anais do XXXIX – Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. Blumenau, 2011.