

Luiz Fernando Melo de Souza



Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Design.

Orientador: Prof. Dr. Fausto Orsi Medola

Co-orientador: Prof. Dr. Luis A. V. Hellmeister

Bauru

2018

Dedicatória

O presente é reflexo das nossas atitudes do passado; sendo assim, hoje não seria possível essa conquista, se meus pais não tivessem apostado e creditado confiança em mim, me dando força e perseverança para suportar os obstáculos que aparecem em nossa jornada.

A amizade, o apoio e a fé deles depositadas em mim foi fator decisivo em minhas conquistas.

Dedico este projeto a meus pais, amigos e parentes queridos que foram pilares centrais no decorrer do projeto.

Agradecimentos

A realização deste projeto foi possível graças à colaboração e ajuda de muitas pessoas e amigos, trata-se de um trabalho de “formigas”, aonde cada contribuição propiciou grandes avanços nos processos. Portanto gostaria de agradecer a todos os que me ajudaram durante todo o meu projeto. Ao projeto Difusão, que me apresentou a oportunidade de participar do grupo e ter adquirido experiência suficientes para planejar a base desse projeto. Aos amigos Rodolfo Nucci Porsani, Bruno Borges, Denise Caputto e Bruno Barreto que foram pilares de apoio emocional, além de ajudar em diversas etapas do projeto, como a criação da identidade visual, planejamento da estrutura, dentre outras. À Jaqueline Campos que me guiou e ensinou sobre o uso de materiais para prótese dentária. Ao senhor Hiroshi que colaborou com a panela eliminadora de bolhas. Ao meu irmão Douglas Melo que agregou, e muito, em me ajudar á fabricar os moldes de gesso e colar as placas de acartonado para esculpir o tronco do personagem. Ao Paulo Maia e Jorge Vinícius, alunos que participam do projeto Carrossel Caipira, que me ajudaram na programação e movimentação do sistema eletrônico. Á todos os profissionais e pessoas do comercio em geral que contribuíram também, me fornecendo informações e materiais doados. Gostaria de agradecer também ao meu orientador Fausto Orsi Medola, por sua visão, apoio e paciência, bem como ao meu co-orientador Luiz Antônio Vasques Hellmeister, do DARG – Departamento de Artes e Representação Gráfica da FAAC, UNESP Campus Bauru, que me recebeu e sempre esteve disposto em me ajudar em todo o processo, além de me proporcionar a oportunidade de imprimir as peças estruturais em ABS. Por fim, gostaria de agradecer aos meus pais, que patrocinaram boa parte do projeto de seus próprios bolsos.

Resumo

A palavra animatrônico (do inglês animatronics) é utilizada para diferenciar-se dos robôs, que possuem autonomia e são capazes de tomar diferentes decisões conforme a situação. Os animatrônicos em sua maioria são programados para realizarem tarefas dedicadas e até repetitivas, não reagindo conforme o ambiente. Seu desempenho em executar ações pré definidas tem a finalidade de mimetizar movimentos de seres vivos. Este trabalho consiste em reunir informações e estudo sobre processos e conceitos necessários para que se possa construir um busto de animatrônico, intitulado de “Orkimaris”, capaz de imitar algumas expressões faciais humanas, bem como o movimento de sua cabeça. O processo envolve diálogo entre diferentes áreas como design, mecânica, elétrica e programação para conectar suas várias etapas de construção. O material de sua estrutura mecânica foi impresso em 3D, usando ABS como matéria prima. A pele simulada, que reveste o mesmo, foi feita em látex pré-vulcanizado. Seus movimentos são acionados e controlados remotamente pelo celular.

Palavras chave: Design, Impressão 3D, Open Source, Arduino, Animatrônicos

Abstract

The word animatronic is used to differentiate itself from robots, which have autonomy and are capable of making different decisions depending on the situation. Animatronics are mostly programmed to perform dedicated and even repetitive tasks, not reacting to the environment. Its performance in running predefined actions is intended to mimic movements of living beings. This work is to gather information and study on processes and concepts necessary so that we can build a bust of animatronic, titled "Orkimaris", able to mimic some human facial expressions, as well as the movement of his head. The process involves dialogue between different areas such as design, mechanical, electrical and programming to connect your various construction steps. The material of its mechanical structure was printed in 3D, using ABS of raw material. The simulated skin, which coats the same, was made in pre-vulcanized latex. Its movements are triggered and controlled remotely by the cell phone.

Keywords: Design, 3D Printing, Open Source, Arduino, Animatronic

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1. Objetivos do Projeto	10
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1. A indústria cinematográfica e televisiva	16
2.2. Estrutura	18
2.2.1. Sistema Mecânico e Eletrônico	18
2.2.2. Design.....	19
2.3. Tipos de Materiais	19
3. DESENVOLVIMENTO	21
3.1. Sistema Mecânico.....	21
3.1.1. Esboço e impressão do esqueleto	22
3.1.2. Definição dos movimentos faciais	26
3.1.2.1. Movimentos da cabeça e pescoço.....	26
3.1.2.2. Movimentos dos olhos.....	28
3.1.2.3. Pálpebras.....	31
3.1.2.4. Boca.....	32
3.1.3. Expressões almejadas	33
3.1.3.1. Atuação dos servo-motores na produção dos movimentos faciais.....	36
3.1.3.2. Servo-Motores.....	38
3.2. Modelagem.....	39
3.2.1. Dentes e Gengiva.....	39
3.2.2. Olhos	46
3.2.3. Tronco	50
3.2.4. Pele	51

3.2.4.1.	Blocagem.....	52
3.2.4.2.	Modelagem de acabamento.....	52
3.2.4.3.	Produção do Molde.....	54
3.2.4.4.	Produção da pele.....	56
3.2.5.	Exoesqueleto	58
3.2.5.1.	Pré-Montagem.....	60
3.3.	Sistema Elétrico.....	62
3.3.1.	Controlador de Motor.....	63
3.3.2.	Fonte de energia	63
3.3.3.	Esquema do Sistema.....	63
4.	IDENTIDADE VISUAL.....	64
5.	PROTÓTIPO FINAL COM INTEGRAÇÃO DE TODOS OS COMPONENTES	66
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

1. INTRODUÇÃO

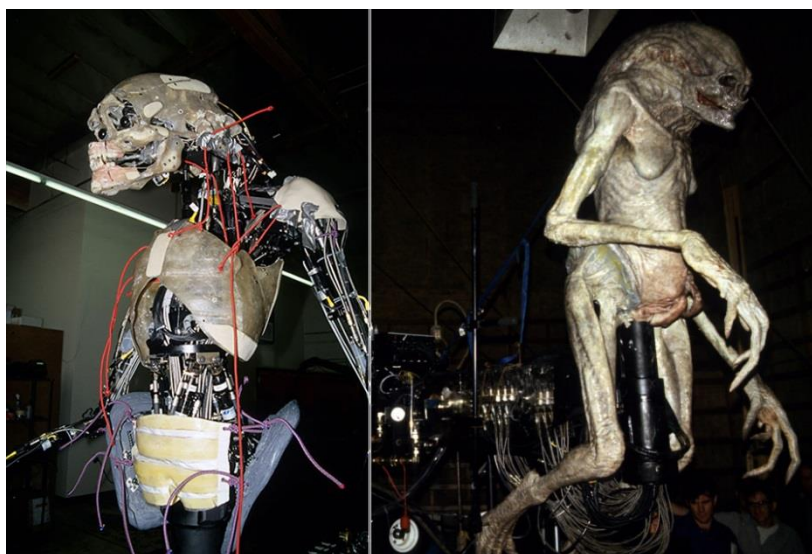
Derivado de robôs e autômatos, o surgimento do animatrônico está ligado com a necessidade de desenvolver técnicas mais avançadas para produção de bonecos de varetas que passam a ser acionados por diferentes mecanismos de ação. Estas figuras tem o objetivo de reproduzir movimentos, expressões e emoções de seres vivos, propiciando a sensação de estarem presentes no plano real (SHOOTER; BUCKNELL, 2014).

Os animatrônicos mudaram a maneira como olhamos para a indústria do cinema nos últimos anos, tornando possível o uso de criaturas fantásticas ou cenas impossíveis que desafiam a lógica, misturando o real ao fictício atrás das telas. Em razão de explorar novas técnicas e processos para o mercado, a indústria de animatrônicos, tem sido muito competitiva e absorve grande demanda de engenheiros, artesãos e artistas mundo afora que possuem experiência em seus respectivos campos (CUSTOM ENTERTAINMENT SOLUTIONS, 2014).

Os animatrônicos têm sido utilizados em lojas, shopping centers e parques temáticos, tanto no Brasil como em outras partes do mundo. Facilmente encontrados na Disney, conjunto de parques temáticos e resorts de entretenimento localizados em diversos lugares pelo mundo sendo o Disney World o mais conhecido e visitado, eles chamam atenção dos espectadores que se encantam pelas novidades proporcionadas pela engenharia e design. Eles viram o foco da atenção do público ao recepcionar os visitantes, interagindo e contando histórias (BARBOSA de ANDRADE, 2005).

Faz algum tempo que os animatrônicos têm representado criaturas fantásticas que “preenchem”, de forma majestosa, assustadora e realista, as telinhas da TV e do cinema. Filmes e seriados que marcaram a infância, como “Jurassic Park”, “Et, o extra-terrestre”, “Família Dinossauro”, “Exterminador do Futuro”, “King Kong”, “TV Colosso”, dentre vários outros foram, sem dúvidas, combustível que alimentaram a imaginação e admiração do público por estes personagens durante décadas. Essa popularização dos animatrônicos, no mercado e no imaginário coletivo, tem chamado a atenção de estudiosos, servindo de porta de entrada para aprofundamento de pesquisas sobre o assunto.

Figura 1: Boneco produzido pela StudioADI



Fonte: StudioADI- 1982. Disponível em: <https://www.webstagram.one/media/BoGRgklAgh->

O estúdio *AMALGAMATED DYNAMICS INC*, sediado na Califórnia, E.U.A., foi fundado em 1982 pelo artista de efeitos especiais para personagens e diretor Tom Woodruff e o designer formado na conceituada escola de Animatronics, *Stan Winston's School*, Alec Gillis.

A *StudioADI* é um estúdio de personagem premiado com o Oscar, responsáveis por grandes títulos como: *'Mortal Kombat'*, *'Alien'*, *'Alien vs Predador'*, *'Godzilla'*, *'It, A Coisa'*, entre vários outros títulos de peso. Eles trabalham em projetos a pronta entrega, aonde produzem personagens especiais para filmes, televisão e comerciais.

Estúdios e escolas como estes democratizaram o conhecimento e aprendizado da arte e tecnologia de criação de personagens animatrônicos. Essas instituições investem pesado no desenvolvimento de bonecos animatrônicos, trazendo a mecânica e o visual à um patamar totalmente novo de percepção da realidade, eles simplesmente dão vida aos seus personagens.

Um dos fatores mais importantes para a escolha do tema foi à relação afetiva dos animatrônicos ligados ao cinema e televisão para com o imaginário pessoal. Sua abrangente conexão com diversas outras áreas no processo de construção da figura, como engenharias, programação, design, artesanato, odontologia, dentre outras, foram responsáveis por submeter à busca por informações e estudos de técnicas e processos

que fogem da zona de conforto. Abrangendo, assim, uma gama de disciplinas que garantam o conhecimento de conceitos relacionados com várias áreas importantes para a animatrônica. Além da tentativa de mesclar o máximo de conhecimentos adquiridos, também há o fato de que o design aliado a tantas outras disciplinas é algo interessante e prazeroso de estudar.

1.1. Objetivos do Projeto

O objetivo deste projeto é reunir uma base de informações, referências e pesquisas sobre o conceito, estrutura e história da animatrônica com a finalidade de desenvolver um busto com mecanismos projetados para articulações da face, e revestido com pele simulada, em látex pré-vulcanizado. O nome dado ao personagem criado, “Orkimaris”, traz referências do livro “Lemegeton” ou Chave Menor de Salomão, capítulo de Ars Goetia, e do mundo de J.R.R.Tolkien, famoso por obras como: “The Hobbit”, “O Senhor dos Anéis” e “O Simarillion”. Diferentes tecnologias foram utilizadas no processo, como o uso do arquivo da estrutura mecânica em open-source, para impressão de sua base (esqueleto), e programação em micro controlador PIC, ArduinoUNO, no processo de articulação mecânica ligada aos servo-motores.

Objetivos específicos:

- .Apresentar a caracterização do personagem em sua forma final;
- . As articulações devem funcionar da forma mais orgânica e fluida possíveis, com finalidade de imitar os movimentos musculares do rosto humano;
- . Utilizar impressão 3D com material plástico do tipo ABS(Acrilonitrila-Butadieno-Estireno) para a montagem do esqueleto a partir de modelo Open Source do mesmo.
- . Para alimentar e sustentar todo o sistema elétrico será instalada uma fonte de 5V e 10a, para que não haja problemas de sobrecarga, mesmo que movimentando vários motores de uma vez.
- . A cabeça animatronica final terá capacidade de executar movimentos via controle remoto no celular, evitando, ao máximo, a perda de sinal via sistema eletrônico-mecânico.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A “animatrônica” deriva da arte de se utilizar a eletrônica e a mecânica para animar figuras inertes, sendo comumente usadas pela indústria cinematográfica e parques temáticos (BERNARDES.apud Andrade, 2003).

Diferente do que muitos acreditam, os animatrônicos surgiram bem antes de sua aparição em parques temáticos, como a Disneyland. A verdadeira história desta técnica data muitos anos atrás, aonde houveram rumores e registros de projetos de mecanismos para movimentar objetos inanimados .

No século III a.C, o texto de Liezi descreve um encontro entre o rei Mu de Zhou e um "artífice" conhecido como Yan Shi, que apresentou ao seu soberano um autômato em tamanho natural. A "figura" foi descrita como capaz de andar, posar e articular a cabeça e ainda, quando desmontada, apresentava órgãos anatomicamente precisos (NEEDHAM,1986).

Registros de 1515 descrevem um grande feito de Leonardo da Vinci, que projetou e construiu um leão automata, uma das primeiras “figuras mecânicas” descritas por ele em seus desenhos. O leão mecânico foi apresentado por Giuliano de 'Medici de Florença a François I, rei da França, como símbolo de uma aliança entre a França e Florença (SHIRBON, 2009).

Figura 2: Reconstrução do Leão Automata (2009), Segundo as descrições contemporâneas e os próprios desenhos do mecanismo de da Vinci.



Fonte : Château du Clos Lucé, Amboise (2009)

Paralelamente, já havia relógios mecânicos avançados que remontam à pré-Revolução Industrial da França onde apresentavam personagens animados em miniatura que emergiam de um mecanismo de controle do tempo quando chegasse a hora. Como os animatrônicos modernos, os movimentos desses autômatos foram programados usando engrenagens mecânicas para coincidir com horas específicas. Com o passar do tempo, eles foram introduzidos para atrair a atenção das pessoas, e os fabricantes de relógios passaram a usar os personagens para contar uma história. Muitos desses relógios foram construídos em grandes escalas e centros de cidades, como é o caso do Relógio Astronômico de Praga, que sobrevive até hoje (ROGERS STUDIOS, 2014).

Figura 3: Orloj, Relógio Astronômico de Praga. Construído em 1410, suas figuras mecânicas foram adicionadas mais tarde nos anos 1600.



Fonte: Disponível em: <http://wxec.info/Prague-Clock.html>

Mais tarde, nos anos de 1700, fabricantes de relógios alemães passam a criar uma forma mais acessível e prática desses mecanismos animatrônicos ao fabricá-los para uso residencial, aonde deixam de ser exclusividade de centros de cidades. Trata-se então dos famosos relógios de cuckoo. Estes relógios, que foram comumente usados em desenhos animados, incluíam pelo menos um caracter mecânico, como um pássaro, que dava o ar da graça e fazia um show em horários específicos (MOLESWORTH, 1914).

A era moderna dos animatronics recorre no início do século XX , quando Walt Disney passa à consolidar o termo “animatronics” ao desenvolver os mesmos para entretenimento e filmes. Este termo foi utilizado inicialmente pelos engenheiros da “Walt Disney Imagineering Company” no início de 1960, visto a necessidade de

providenciar algo mais interessante ao público, que se tornava cada vez mais crítico e observador (BERNARDES, 2003).

Disney percebeu os animatronicos como novidade, que atrairia a atenção das pessoas nas Feiras Mundiais e, posteriormente, em seus parques temáticos e filmes. Ele também reconheceu que as figuras mecanizadas poderiam substituir atores e atrizes em números de shows que eram repetitivos. Visionário e empreendedor, Walt Disney, forçou os limites da tecnologia da época para alcançar seus objetivos.

A primeira figura animatrônica criada por Walt Disney e sua equipe de “imagineers”, termo utilizado por ele para definir o profissional da área como imaginador, foi um boneco dançarino de 9 polegadas de altura denominado “Project Little Man” (Projeto Homenzinho) e programado para imitar passos de sapateado do ator Buddy Ebse, aonde usavam um sistema de câmeras , cabos e tubos, partindo do princípio de combinação de alavancas e engrenagens com uma abordagem eletrônica- hidráulica-pneumática. A equipe obteve ótimos resultados nos movimentos da figura aonde foram usados, posteriormente, em atrações como “Nature’s Wonderland” e “Jungle Cruise” (MAGICAL KINGDOMS, 2018).

Não demorou muito para que novos projetos ganhassem vida, logo os projetistas “Disney” desenvolveram os pássaros falantes do “Enchanted Tiki Room” (Quarto Tiki Encantado) para a atração em seu parque temático da Disneyland ,em 1963, e a primeira figura animatrônica humana na forma de Abraham Lincoln para a Feira Mundial de Nova York de 1964 (PIERCE, 2013). Este último incorporava 57 movimentos, sendo 22 deles só na face. Seu sistema interno, pré-programado para todos os movimentos além de dispositivos ligados aos pontos de articulação que alavancavam e empurravam os mesmos, foi precursor do sistema de captura de movimento usado atualmente.

Figura 4: Abraham Lincoln, atração do Walt Disney



Fonte: One Man's Dream, Hollywood Studios

(<http://www.digitaldisneyworld.com/2011/09/ddw-pic-13-original-abraham-lincoln.html>).

O conceito de animatrônicos se popularizou e tornou-se comumente utilizados nos restaurantes temáticos e familiares dos Estados Unidos, que passaram a apresentar figuras animatrônicas em seus shows. O centro de entretenimento familiar Chuck e Cheese, com Chuck e sua banda, foi muito popular nos anos 80. Na mesma década, Showbiz Pizza, também se aproveitou do fenômeno, criando sua própria banda animatrônica, Rock-Afire Explosion, que era como uma banda country bem moderna. (THOMASON, 2009). Estabelecimentos como estes prosperaram ao ceder para seus clientes entretenimento durante a refeição, mesmo que os atores fossem mecânicos, as pessoas amavam por ser algo que fugia do comum.

2.1. A indústria cinematográfica e televisiva

Segundo a Custom Entertainment Solutions (2014), a indústria do cinema foi uma importante força motriz que revolucionou a tecnologia usada para desenvolver animatrônicos. Esses bonecos mecânicos são utilizados em situações em que uma criatura não existe, ou a tomada de ação é muito arriscada ou muito custosa para usar atores reais, ou nunca poderia ser obtida com uma pessoa ou animal vivos. Destaca-se sua vantagem sobre o “CGI”, quando a criatura simulada tem uma presença física se movendo na frente das câmeras em tempo real. A tecnologia por trás do animatrônicos tornou-se cada vez mais avançada e sofisticada ao longo dos anos, fazendo-se dos bonecos ainda mais realistas.

O primeiro animatrônico à estreiar nas telas do cinema foi um pássaro, desenvolvido pela Disney, no filme de Mary Poppins, de 1964. Desde então, esta tecnologia foi largamente utilizada em filmes como “Tubarão”, “E.T. o Extra-Terrestre”, “O Exterminador do Futuro”, “Jaba da Hut” dentre vários outros títulos que aproveitaram o uso de animatrônicos e capturaram a imaginação do público (ROGERS STUDIOS, 2014).

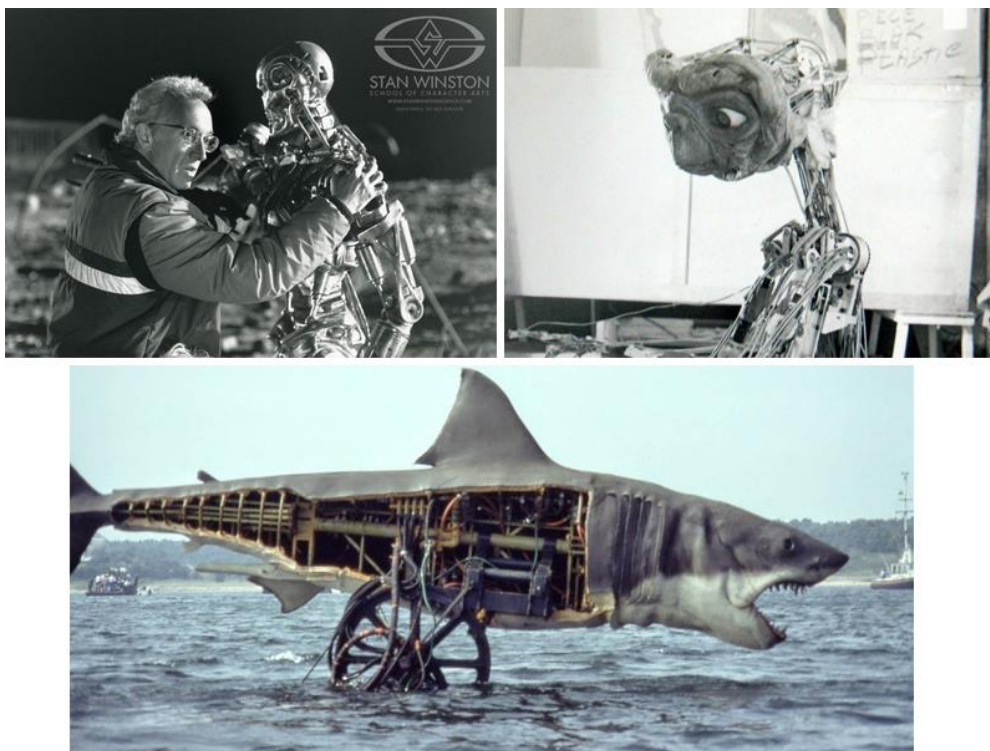


Figura 5: Animatrônicos utilizados nos filmes “Exterminador”, “E.T.” e “Tubarão”.

Diretores como Steven Spielberg e Jim Henson foram pioneiros no uso de animatrônicos na indústria cinematográfica e se destacaram com seus trabalhos.

Em 1993, o filme de Steven Spielberg, *Jurassic Park*, marcou uma geração de pessoas que deslumbraram ver aqueles répteis gigantes com tamanho realismo. Isso se deve ao uso de uma combinação de imagens geradas por computador em conjunto com dinossauros animatrônicos em tamanho real construídos por Stan Winston, artista e designer, e sua equipe (CORLISS, 1993). Segundo Magid (1993), dentre os animatrônicos de Winston, o "T. rex", tinha quase 6,1 metros de altura e 12 metros de comprimento, até mesmo os lagartões mais pesados, com cerca de 4.000 kg, foram capazes de movimentar-se naturalmente.

Tão breve quanto os animatrônicos ganharam espaço nas telinhas de cinema, a televisão também vislumbrou a grande capacidade que essas figuras tinham a oferecer. Nos anos de 1991 a 1994, a Disney em parceria com a Jim Henson Productions, produz a série televisiva "Dinosaurs", Família Dinossauro no Brasil, que apresentava as aventuras da família Silvasauro a qual viviam numa sociedade onde os répteis eram evoluídos e civilizados. Os atores vestiam fantasias ao estilo "Godzilla", deixando apenas as máscaras-capacetes com tecnologia animatrônica. Cada uma delas continham cerca de 26 servomotores para dar movimento e expressão aos rostos, sendo controlados remotamente por uma luva especial que ficava plugada ao computador (PAUSA DRAMÁTICA, 2016).

Outros seriados e minisséries foram produzidos no mesmo formato, utilizando-se de animatrônicos para contar suas histórias. A produção da BBC, *Walking with Dinosaurs* (Caminhando com Dinossauros), de 1999, tornou-se popular ao documentar os hábitos comportamentais dos dinossauros, fazendo-se uso de CGI e modelos animatrônicos (von STAMM, 2008). O sucesso foi tão acachapante que o documentário teve indicações e nomeações a prêmios, além de repercussão em outros canais e programas como o Discovery Channel e o Discovery Kids, até mesmo aqui no Brasil com o programa do Fantástico, na rede Globo (GUINNESS WORLD RECORDS, 2015).

A influência dos animatrônicos alcançou as telinhas brasileiras também, com os animados cachorrinhos do programa infantil *TV Colosso*, na rede Globo. O programa, que foi alegria da criançada, exibido de 1993 a 1997, utilizava das mesmas técnicas de Família Dinossauros (1991) ao exibir seus adorados cães. Quem não se lembra daquele

cachorro, vestido como chef, que berrava em sotaque francês: “*Attention, tá na horrra de matarr a fomê, tá na mêss pessoaaaaa!*”, e acabava sendo atropelado pela matilha, que berravam em divergência: “*Até amanhã, até amanhã*” (NERD SHOW, 2017).

2.2. Estrutura

Para facilitar o entendimento de como os animatrônicos são estruturados, optou-se por dividir em duas etapas, que basicamente se estende ao design e suporte eletrônico e mecânico.

2.2.1. Sistema Mecânico e Eletrônico

Aço, alumínio, plástico e resina de poliéster são alguns dos exemplos mais usados na construção de animatrônicos. Deve-se levar em conta a força relativa ao tamanho do boneco feito, bem como o peso do aparato em si, ao determinar o material mais apropriado a ser usado. O custo do produto também pode ser uma preocupação (WISE,2000).

Segundo Roberts (2009), as figuras são modeladas e apoiadas em torno de uma estrutura de suporte interna que lembra a função do esqueleto humano. Anexados a esta estrutura “óssea” estão os “músculos” aonde servo-motores trabalham em conjunto com arames, fazendo-se de atuadores cinético de indução de movimento para puxar e empurrar os músculos. Conectado a cada servo estão os fios que interligam a placa de ArduinoUNO, responsável por enviar as “ordens” programadas aos servo-motores, e a fonte de alimentação que sustenta todos os componentes elétricos, funcionando como o “sistema nervoso” do animatrônico. Esta estrutura fornece o suporte para todo o sistema eletrônico e mecânico, além de base para assentar a pele (FITZPATRICK, 2010).

2.2.2. Design

Nesta etapa o projeto dá foco ao visual do personagem a ser criado, dividindo-se em várias etapas, porém atenção é dada à elaboração da pele, que compreende da modelagem ao acabamento.

Depois de finalizado o processo de “concept do personagem”, esboço do design visual da figura, dá-se então o início da fase de blocagem e modelagem do mesmo. O processo é marcado pela transição do esboço 2D para o 3D, utilizando-se de materiais como clay e plastilina, tipos de argila e cera profissionais utilizados para confecção de peças, para dar forma e consumir a figura feita. Outros tipos de materiais são usados na fabricação do exterior da peça, dependendo das circunstâncias particulares, o material mais adequado será usado para produzir a forma mais realista. Por exemplo, "olhos" e "dentes" são geralmente feitos completamente de acrílico (BUFFINGTON, 2014)

Ao final do processo de escultura, inicia-se a fase de moldagem da mesma, fazendo-se necessário a construção do molde, geralmente feito em gesso, silicone ou resina laminada, para que se produza a pele. Esta última costuma ser feita de derivados de borracha ou espuma como o látex, poliuretano ou silicone que permitem serem vertidos nos moldes e captarem o máximo de detalhes possíveis da figura além de garantir flexibilidade (TYSON, 2011).

2.3. Tipos de Materiais

Os tipos de materiais e suas aplicações, comumente utilizadas na indústria de fabricação de bonecos animatrônicos são:

Látex- Existem vários derivados deste produto, sendo os mais utilizados na indústria: Látex branco, látex de dureza 74 e espuma de látex. O produto é comumente usado em vários processos, pois apresenta um alto nível de elasticidade. Na sua forma pré-vulcanizada, é comumente utilizada na fabricação de máscaras, em razão de facilitar e agilizar a aplicação nos moldes. Sua versatilidade abrange desde a fabricação de pele e máscaras realistas até facilidade em aplicar próteses faciais para efeitos especiais (BUFFINGTON, 2018).

Silicone- O silicone é basicamente utilizado para ser usado como moldes, sendo amplamente utilizado em diversas áreas como odonto, indústria alimentícia, artesanato dentre outros, ou aplicado na fabricação de peles ultra realísticas, pois, neste último caso, além de apresentar flexibilidade também possui textura semelhante á pele humana. Estúdios como a Disney e *Stan Winston's School* dedicam equipes de pesquisa para desenvolver métodos mais sofisticados na criação de peles para animatrônicos mais realistas e detalhados, como o desenvolvimento do silicone tipo Platinum ou DragonSkin (CHAN, 2012).

Poliuretano- O poliuretano é um polímero largamente utilizado, na indústria animatrônica, como espumas, rígidas e flexíveis, assim como elastômeros duráveis. O material é comumente utilizado para enchimento e construção da figura, prototipagem de peças para moldagem em alta densidade, além de ter bom custo-benefício (BUFFINGTON, 2018). O corpo dos bonecos da família Silvassau, em “Família Dinossauro”, era quase que inteiramente feito com este material.

Resinas- As resinas também são polímeros de fácil manuseio, possui baixo custo e apresenta boas propriedades químicas e mecânicas. As mais utilizadas são as resinas de poliéster do tipo Ortoftálicas e Isoftálicas. A primeira, ortoftálica, é mais comum e barata, apresenta baixa resistência térmica e é utilizada em aplicações gerais, como na fabricação e laminação de moldes, como também em reprodução de peças em geral. Já a segunda, isoftálica, apresenta características químicas, térmicas e mecânicas superiores, dando maior resistência mecânica à peça, como a confecção da prótese dentária e ocular da figura para resistir aos possíveis atritos além de dar mais firmeza á estas peças (SERCEL, 2018).

Gesso- Comumente utilizados na construção civil em decorações de casas, o gesso esta amplamente presente no processo de construção dos animatrônicos. Sua rigidez e porosidade limitam seu uso em moldes, pois propiciam a catalisação de elastômeros, como os de látex, poliuretano e silicone, capturando e registrando todos os detalhes da peça á ser moldada (THURSTON, 1997).

3. DESENVOLVIMENTO

Este capítulo contém informações detalhadas sobre o início da estruturação do animatrônico até seu acabamento visual e funcional tais como, materiais utilizados, quantidades de materiais e quantificação dos materiais usados nos processos, recursos de hardware e software.

Assim como o corpo humano possui várias camadas e sistemas, o projeto também trata de dividir todo o processo em três sistemas que correlacionam aos diferentes sistemas ou partes do corpo humano:

- Sistema Mecânico: Esqueleto e músculos;
- Modelagem: Pele, prótese dentária, olhos, tronco e exoesqueleto;
- Sistema elétrico: nervos e cérebro.

3.1. Sistema Mecânico

Durante o processo de construção do alicerce do busto, “esqueleto”, o projeto dividiu-se em duas etapas. A primeira fase tratou de dar foco à estrutura como um todo, desde o planejamento de sua armação até os cuidados com membros da face, como dentes, olhos e nariz, aliados ao pareamento dos servo-motores de suas articulações. Ainda na primeira etapa, foi utilizado um modelo open-source do esqueleto, aonde suas peças foram feitas em uma impressora 3D do modelo Grabber¹, com plástico do tipo ABS.

A impressora utilizada nesta etapa foi construída por estudantes de Design e Engenharia no projeto Difusão sob orientação do Prof.Dr.Luiz Antonio Vasques Hellmeister, da Universidade Estadual Julio de Mesquita Filho–Unesp, campus Bauru.

Na segunda etapa, de acordo com o mapeamento anterior, os servo-motores foram posicionados em seus respectivos lugares de acordo com o projeto impresso, de modo que todos os componentes necessários pudessem encaixar dentro.

Todas as articulações foram testadas manualmente a fim de marcar qual o grau de liberdade que cada uma exercia, de modo que os movimentos não travassem ao

comando de cada servo motor, garantindo que a velocidade e força exercidas por cada movimento fossem análogos á suas respostas, assemelhando-se à dinâmica humana.

Além disso, a estrutura mecânica impressa, na primeira etapa, foi modificada e ajustada para caber componentes que foram sendo adicionados, como porcas, parafusos e estruturas de encaixe.

3.1.1. Esboço e impressão do esqueleto

No início, foi decidido comprar uma cabeça de manequim pronta e depois trabalhar em cima dela com massa para modelagem, clay do tipo C10 extra hard, afim de esculpir a forma inicial da aparência do personagem (figura 2), como base do projeto, fazendo as demais etapas confluir em consequência da escultura do design do personagem. Algumas tentativas de pensar e esboçar o sistema mecânico junto dos rascunhos iniciais foram feitas também.



Figura 6 – Rascunhos iniciais do personagem, “Orkimaris”, e da estrutura mecânica

¹ Este modelo funciona com tecnologia do tipo Fused Deposition Modeling – Modelagem por Depósito de Material Fundido (FDM) sendo capaz de trabalhar com diversos tipos de filamentos de polímeros termoplásticos, como ABS, PLA, PET, entre outros.

No primeiro momento, parecia que seria mais fácil trabalhar com uma cabeça de manequim de poliestireno porque era leve, barato e fácil de aplicar a massa clay para modelar em cima. Abaixo, a cabeça do manequim em poliestireno comprada e a primeira tentativa de blocagem do clay para esculpir o design do personagem (Figura 7).



Figura 7 - Cabeça de manequim em poliestireno e início da blocagem em Clay C10

Porém, começaram a surgir dificuldades em ter que planejar todo o sistema mecânico baseado no concept da própria modelagem, o que resultou em incoerência do projeto como um todo. Devido a este problema, a opção encontrada foi utilizar e aproveitar um modelo open source disponibilizado do repositório online de projetos e objetos tridimensionais chamados Thingiverse² para impressão 3D em material do tipo ABS, feita pela impressora 3D (Figura 8) do projeto Difusão. Contando o número de peças impressas, que deram certo mais as que tiveram problema, somam quase oitenta horas de trabalho de impressão.



Figura 8: Grabber em processo de impressão da estrutura

A cabeça impressa em 3D funcionou perfeitamente como estrutura mecânica e esqueleto, além de alicerce para modelar a figura do personagem em cima, de modo que facilitou tal etapa. As peças foram impressas separadamente e por partes como mostra a figura 9, para então depois serem lixadas e montadas (Figura 10).

² www.thingiverse.com/thing:2456550



Figura 9 - Todas as peças que foram impressas separadamente.



Figura 10 - Impressão 3D do modelo completamente montada, material em ABS.

3.1.2. Definição dos movimentos faciais

Depois de impresso e montado o esqueleto do personagem, alguns testes foram realizados para analisar os pontos de articulação. As peças impressas apresentaram boa resistência mecânica, do qual pôde concluir acompanhar as articulações para movimentar, sucessivamente à pele que seria adicionada com certo grau de flexibilidade para gesticular a face.

Apesar da estrutura do esqueleto do projeto “Orkimaris” apresentar potencial para um grande número de atuadores executarem diversos movimentos faciais e articulações da cabeça, foram definidos alguns movimentos básicos como os olhos que movimentam em seus eixos ‘x’ e ‘y’, as pálpebras abrindo e fechando, a abertura e fechamento da boca e os eixos ‘x’ e ‘y’ e de rotação do pescoço.

Esses movimentos podem fluir diretamente em graus de liberdade discretos.

Abaixo estão os dados coletados dos movimentos e articulações regulares da figura humana, que estarão diretamente relacionados aos motores e peças a ser trabalhados no animatrônico. Estes dados serviram de guia para esta etapa do projeto e foram utilizados para decidir sobre o alcance médio do movimento dos respectivos componentes da figura para aplicação nos servo-motores, bem como a correção anatômica de alguns elementos.

3.1.2.1. Movimentos da cabeça e pescoço

Os movimentos da cabeça e pescoço estão ligados à coluna cervical. A articulação atlantooccipital, localizada entre os côndilos do osso occipital e as facetas superiores do atlas (figura), permite a flexo-extensão, porém o movimento lateral é reduzido. A rotação é alcançada devido a articulação do processo odontóide do eixo com a faceta do atlas (KENDAL; McCREARY, PROVANCE, 1995).

Deste modo, assim como as articulações, o pescoço e a cabeça humana podem realizar os seguintes movimentos:

- Flexão: movimento no plano coronal de inclinação anterior da cabeça. Sua amplitude de movimento pode variar entre 60° e 90°.
- Extensão: Movimento no plano coronal em que a nuca se aproxima do dorso, inclinação posterior. Amplitude de movimento articular varia entre 50° e 70°.
- Flexão ou inclinação lateral: Movimento sobre um eixo sagital direcionando-se para os lados. Sua amplitude de movimento varia entre 20° e 40°, tanto para esquerda quanto direita.
- Rotação: Movimento ao redor de eixo longitudinal, no plano transverso. A amplitude de movimento varia entre 60° e 90°

Além disso, Victoria Quesada (2009) afirma que a cabeça se liga à coluna vertebral na articulação atlanto-occipital no final da medula espinhal. Ela prossegue, alegando que a cabeça gira naquela articulação quando o pescoço se move. A Figura 6 retrata a articulação atlantooccipital.

Os resultados da pesquisa foram implementados para que a cabeça, na região cervical, execute os movimentos de flexão e extensão, flexão lateral e rotação de um extremo para o outro.

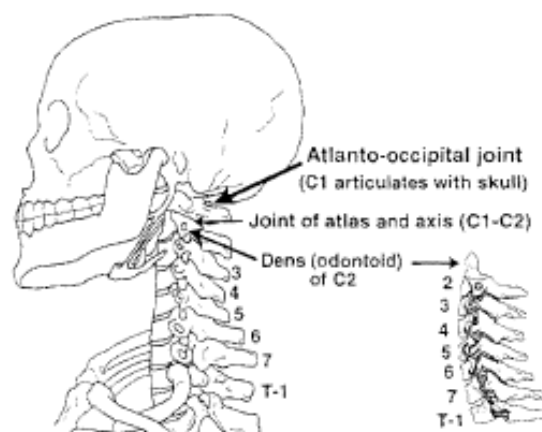


Figura 11 - Junta Atlantooccipital (QUESADA, 2009)

3.1.2.2. Movimentos dos olhos

De acordo com a Enciclopédia Britânica Macropedia (Recepção Sensorial, 1997), o olho médio é de 24 mm de diâmetro. Lefohn, Caruso, Reinhard e Budge (2003) acrescentam que a íris humana média é de 12 mm de diâmetro, e Suzanne Robin (2011) da Livestrong afirma que a pupila humana média tem um raio de 2,5mm.

Para entender a movimentação do globo ocular e suas posições, faz-se necessário o conhecimento básico de seis músculos que atuam na cavidade ocular, bem como sua origem e inserção. Eles fazem parte da musculatura extrínseca dos olhos, sendo quatro deles inseridos na esclera em um ângulo reto entre si: os músculos reto medial (próximo ao nariz), reto lateral (próximo da orelha), reto inferior e superior. Os outros dois músculos se inserem de uma forma angulada em relação a estes quatro sendo por isso, chamados de oblíquo superior e inferior, também se inserem no mesmo plano vertical que é diferente do plano dos retos inferior e superior. Esses músculos atuam em conjunto para mover o globo ocular (KENDAL; McCREARY, PROVANCE, 1995).

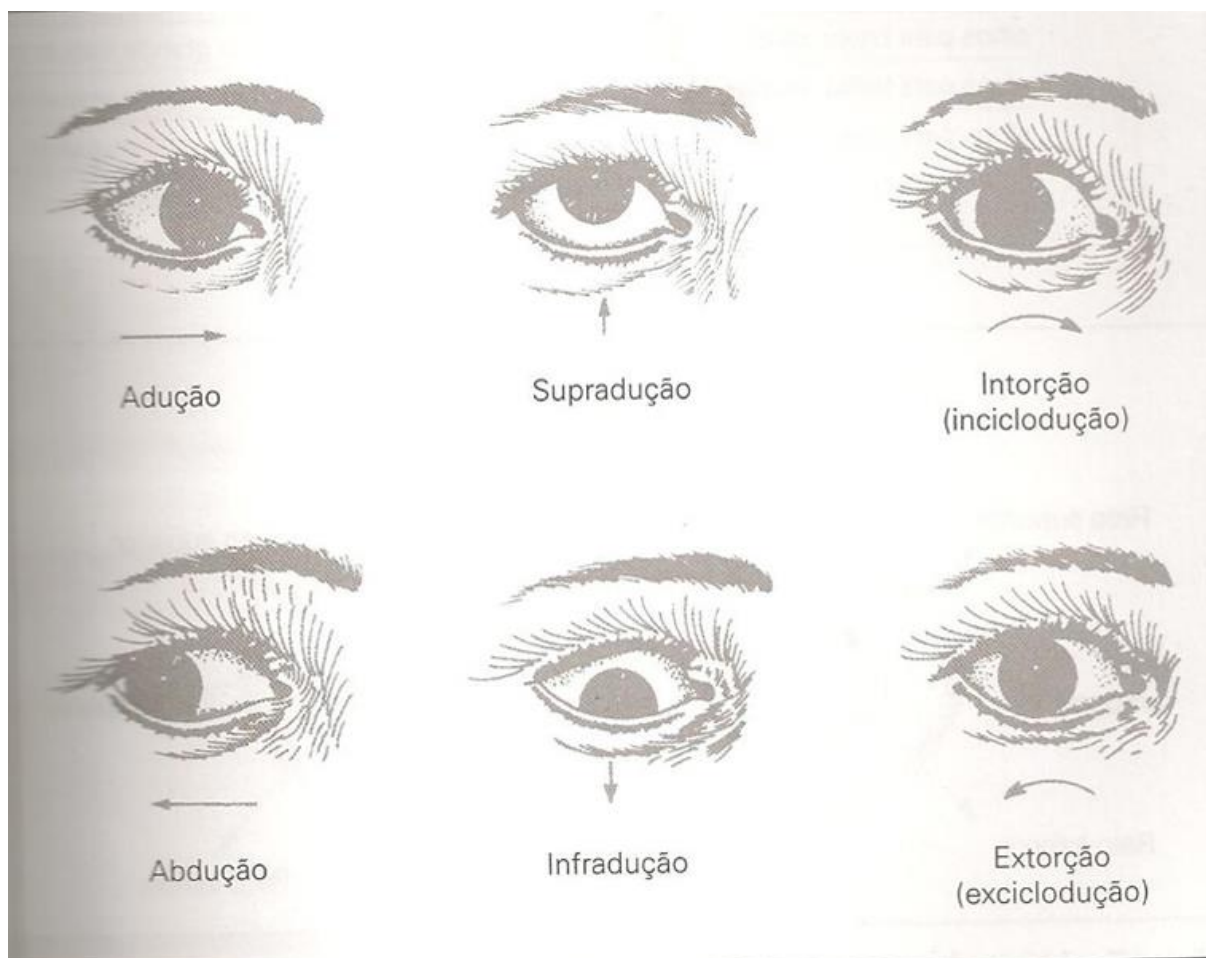
Na tabela 1 a seguir será mostrada a origem, inserção e função de cada músculo, bem como suas posições obtidas pela atuação conjunta desses músculos e ilustradas na figura 12.

Tabela 1: músculos extrínsecos dos olhos e seus dados técnicos

	Origem	Inserção	Função
M. Reto Superior	Anel tendíneo comum	Parte superior da esclera	Elevação e adução
M. Reto Inferior	Anel tendíneo comum	Parte inferior da esclera	Depressão e adução
M. Reto Medial	Anel tendíneo comum	Porção medial da esclera	Adução
M. Reto Lateral	Anel tendíneo comum	Porção lateral da esclera	Abdução
M. Oblíquo Superior	Anel tendíneo comum /corpo do osso esfenóide	Passa pela tróclea (anel fibroso que serve de polia) e se fixa na esclera(abaixo do m. reto superior)	Adução, depressão e rolamento medial
M. Oblíquo Inferior	Placa orbital da maxila	Na parte externa da esclera, entre o m. reto superior e o m. reto lateral	Abdução, elevação e rolamento lateral

Fonte: Kendal, McCreary, Provance (1995, p.302).

Figura 12 - Orientações oculares correspondentes



Fonte: Disponível em: <<http://tassiamais.blogspot.com/2010/06/resumo-anatomia-ocular-1-semester-de.html>>

A figura acima mostra as orientações oculares correspondentes à atuação conjunta dos músculos, sendo estes para:

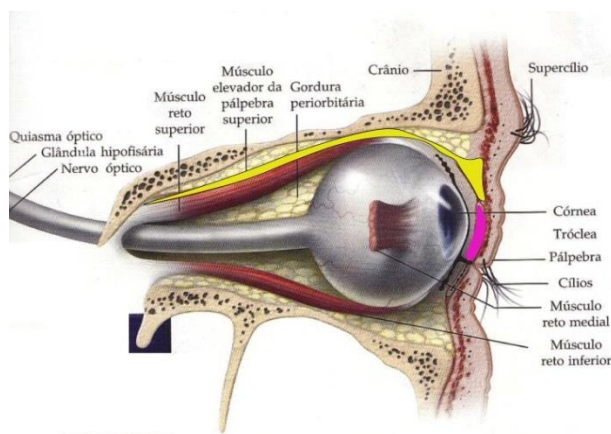
- **Adução:** M. reto medial, M. reto inferior e M. reto superior;
- **Abdução:** M. reto lateral, M. oblíquo inferior, M. oblíquo superior ;
- **Supradução ou Elevação:** M. oblíquo inferior e M. reto superior;
- **Infradução ou Depressão:** M. oblíquo superior e M. reto inferior;
- **Intorção ou Rolamento Medial:** M. oblíquo superior;
- **Extorção ou Rolamento Lateral:** M. oblíquo inferior.

3.1.2.3. Pálpebras

Para o processo de abertura e fechamento das pálpebras do boneco temos que ter em mente o funcionamento básico de dois músculos principais: levantador da pálpebra e orbicular. O músculo levantador da pálpebra superior que está envolvido no controle da abertura dos olhos, rima palpebral, tem origem na superfície inferior da asa menor do osso esfenóide, acima do canal óptico. Sua inserção emite uma aponeurose³ que se expande e se anexa basicamente à dois lugares, na pele da pálpebra e no tarso superior⁴. Ambos estão representados na figura 13 a seguir, sendo o músculo levantador da pálpebra superior e o músculo tarsal, destacados nas cores amarela e roxa respectivamente. O músculo orbicular do olho é o principal responsável no processo de fechamento das pálpebras sendo, portanto, o antagonista dos músculos levantador da pálpebra superior e tarsal superior. Ele é composto por fibras que formam circos concêntricos ao redor das pálpebras e da margem orbital, apresentando três divisões, parte palpebral, profunda e orbital, das quais destacam duas delas para este projeto (figura14):

- I. Parte palpebral: Fechamento suave das pálpebras;
- II. Parte orbital: Fechamento firme das pálpebras;

Figura 13: Músculos de abertura das pálpebras

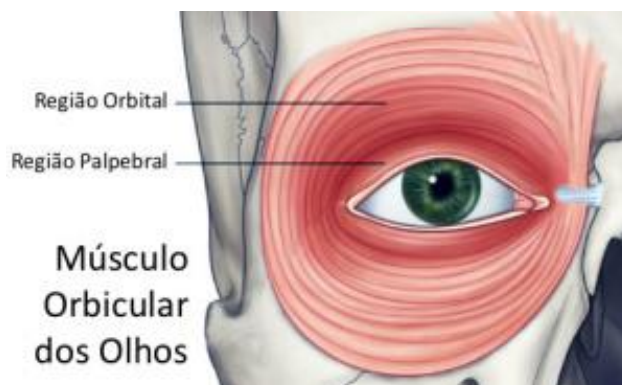


Fonte: Disponível em: <<https://ephuman.mundoms.com/2017/10/olho-humano.html>>

³ Membrana esbranquiçada, luzidia, fibrosa e resistente que envolve os músculos.

⁴ Densa faixa de tecido conjuntivo que dá firmeza à pálpebra superior.

Figura 14: Músculo orbicular dos olhos



Fonte: Disponível em: <<https://cosmeticaprofissional.net/tag/orbicular-dos-olhos/>>

3.1.2.4. Boca

Dijkstra, Hof, Stegenga e De Bont (1999) apresentam dados que indicam que a distância média que um humano pode abrir o maxilar é de 57,2mm. Dentre os vários músculos presentes na articulação temporomandibular, responsável pela mastigação e fonação, o projeto de estudo dá foco aos músculos masseter e temporal, um dos responsáveis pelo fechamento (oclusão) da boca. O movimento ou posição anatômica serão trabalhados no personagem mais adiante.

Na tabela 2, serão apresentados a origem, inserção e função destes músculos, bem como sua localização na figura 15.

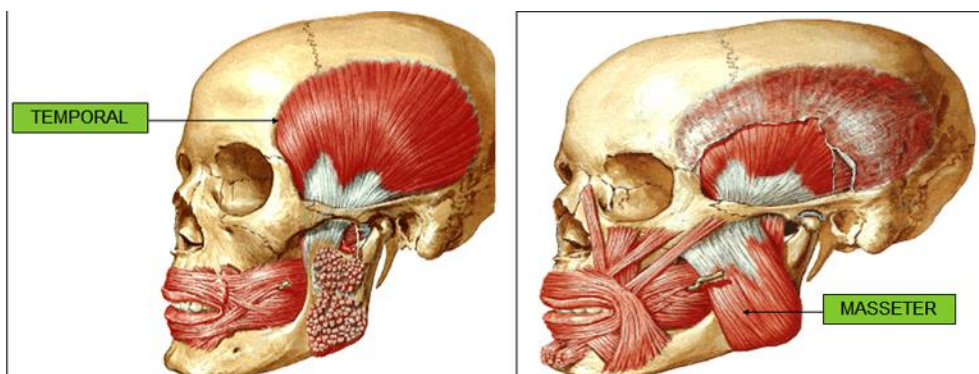


Figura 15: Representação dos músculos temporal e masseter.

Tabela 2: Músculos temporomandibular e seus dados técnicos.

	Origem	Inserção	Função
Masseter	Porção superficial: processo zigomático da maxila e borda inferior do arco zigomático Porção profunda: terço posterior da borda inferior e superfície medial do arco zigomático	Ângulo e ramo da mandíbula. Metade superior do ramo e superfície lateral do processo coronóide da mandíbula	Elevação(oclusão) da mandíbula
Temporal	Cavidade temporal e fáscia	Processo coronóide da mandíbula e face anterior do ramo da mandíbula	Elevação(oclusão) e retração da mandíbula

Fonte: Kendal, McCreary, Provance (1995, p.302)

3.1.3. Expressões almejadas

Com base nos dados coletados sobre os músculos especificados nas seções 3.1.2.1 à 3.1.2.4, seus movimentos médios, articulares e funcionais serão exemplificados por algumas figuras que testam esses músculos para gesticulação de algumas expressões faciais. O objetivo é relaciona-los com a posição e função que cada servo-motor atuará no processo de movimentação das partes mecânicas do personagem animatrônico. Nas figuras abaixo as provas do paciente serão as mesmas que o projeto almeja para o animatrônico.

Figura 16: Provas dos músculos orbicular do olho e supra-hióideos.



Fonte: Kendal, McCreary, Provance (1995, p.308).

Orbicular do Olho:

- **Prova da parte orbitária:** Fazer a paciente fechar a pálpebra firmemente, formando rugas radiando-se a partir do ângulo lateral.
- **Prova da parte palpebral:** Fazer a paciente fechar a pálpebra delicadamente (não ilustrado).

Músculos supra-hióideos:

- **Prova:** Fazer a paciente deprimir a mandíbula contra resistência. Os músculos infra-hióideos fornecem fixação do osso hióide durante a ação desses músculos.

Figura 17: Provas dos músculos da articulação temporomandibular.

TEMPORAL, MASSETER E PTERIGÓIDEO
MEDIAL



Fonte: Kendal, McCreary, Provance (1995, p.307).

Temporal, masseter e pterigóideo medial:

- **Prova:** fazer o paciente morder firmemente, oclusão da mandíbula (a boca é ligeiramente aberta apenas para mostrar que os dentes estão sendo cerrados).

Figura 18: Provas dos músculos extrínsecos dos olhos e levantador da pálpebra superior.

RETO MEDIAL E RETO LATERAL

LEVANTADOR DA PÁLPEBRA SUPERIOR E
OUTROS



Fonte: Kendal, McCreary, Provance (1995, p.309).

Reto Medial e Reto Lateral:

- **Prova do Reto Medial:** Fazer a paciente olhar horizontalmente para dentro no sentido do nariz (ilustrada pelo olho direito).
- **Prova do Reto Lateral:** Fazer a paciente olhar horizontalmente para fora, afastando-se do nariz (ilustrada pelo olho esquerdo).

Levantador da pálpebra superior e outros:

- **Prova do levantador da pálpebra superior:** Fazer a paciente levantar o supercílio.
- **Prova do Reto superior e Oblíquo inferior:** Fazer a paciente olhar direto para cima no sentido do supercílio.
- **Prova do Reto inferior e Oblíquo superior:** Fazer a paciente olhar direto para baixo no sentido da boca (não ilustrado).

3.1.3.1. Atuação dos servo-motores na produção dos movimentos faciais

A partir das informações coletadas nas seções 3.1.2.1 à 3.1.2.4 e das expressões representadas nas figuras da seção 3.1.3, provas e funções, será feito um esclarecimento para demonstrar quais motores atuarão em cada prova. Para cada motor nos referentes pontos de articulação será atribuído um número de identificação bem como sua relação com os músculos de atuação.

Motores dos Olhos:

Os dois eixos dos olhos são controlados por dois atuadores, respectivamente, para ambos os olhos, uma vez que os olhos humanos sempre se movem em sincronia. Portanto para o eixo "x" (horizontal) dos olhos, será o "motor OX", e para o eixo "y" (vertical) o "motor OY". O motor OX representa os músculos, reto lateral e reto medial, podendo se movimentar para direita "OXd" e para a esquerda "OXe". O motor OY representa os músculos, reto superior e reto inferior, podendo se movimentar para

cima OYc e para baixo OYb. Os músculos oblíquo, superior e inferior, serão representados pela convergência dos motores OX e OY, portanto OX/OY.

Motores das Pálpebras:

As pálpebras são controladas por quatro servo-motores independentes, dois para cada pálpebra, tendo a opção de movê-las em sincronia ou separadas, para a piscadela de um conjunto de pálpebras. Os motores atuarão no eixo “y” como um conjunto completo dos músculos levantador da pálpebra superior e tarsal (abertura) e orbicular (fechamento). Para representar esse conjunto completo cada lado terá dois motores atuantes, sendo que para a pálpebra direita os motores PDi (pálpebra direita inferior) e PDs (pálpebra direita superior), farão os movimentos de abertura e fechamento do lado direito no eixo y. A pálpebra esquerda terá os motores PEi (pálpebra esquerda inferior) e PEs (pálpebra esquerda superior).

Para o fechamento simultâneo das pálpebras os quatro motores atuarão em conjunto, portanto os motores PDi e PEi empurrarão as pálpebras inferiores para cima, enquanto os motores PDs e PEs impõem as pálpebras superiores para baixo. O oposto acontece para a abertura simultânea das pálpebras, pois os motores PDi e PEi serão responsáveis por tracionar as pálpebras inferiores para baixo, enquanto os motores PDs e PEs puxam as pálpebras superiores para cima.

Os mesmos comandos acontecem para a movimentação individual das pálpebras, piscadela.

Motores do Pescoço:

O ponto do pescoço que é relativo a uma junta de forma esférica, do qual representa a junta atlantooccipital, tem atuação nos dois eixos, “x” e “z”, além de complementar com uma junta conjunta de forma cilíndrica que é responsável pelo movimento de giro. Portanto para os movimentos de flexão e extensão sobre o plano vertical, eixo “z”, o motor PZ terá as funções de empurrar para cima (extensão) e tracionar para baixo (flexão), sendo representado por PZc e PZb respectivamente. Para obter o movimento de inclinação lateral sobre o plano horizontal, eixo “x”, o motor PX atuará no empuxo da junta esférica, flexionando a cabeça para a direita, como também deverá tracionar a junta para flexionar a cabeça para a esquerda, sendo assim representados por PXd e PXe respectivamente. Por fim, para realizar os movimentos de rotação sobre o plano

horizontal, porém com atuação composta nos eixos “x” e “z”, o motor PXZ deverá tracionar o eixo da base do pescoço, ocasionando a rotação da cabeça para a direita, portanto PXZd. Ao empurrar o eixo da base, o movimento de rotação é direcionado para a esquerda, sendo representado por PXZe.

Motor da Boca:

A boca corresponde a um atuador que o abre e fecha, além de ter o espaço do motor destinado ao movimento de deslocamento radial da mandíbula. Portanto, o motor que está inserido no espaço que corresponde ao temporal e se liga diretamente no masseter para realizar seu deslocamento será o motor B. Ao empurrar, o motor deprime a mandíbula, resultando em sua abertura, desse modo sendo representado por Bb (Boca/baixo). Porém quando o motor traciona a mandíbula, acaba ocasionando a elevação da mesma e resultando em sua oclusão, sendo representado por Bc (Boca/cima).

3.1.3.2. Servo-motores

A Tabela 3 abaixo mostra o valor necessário do torque que foram dobrados para responder á torques adicionados que serão causados por fricção.

	Torque (kg-cm)
Guinada pescoço	6.481
Inclinação pescoço	5.245
Rotação pescoço	7.851
Inclinação olhos	0.102
Rotação olhos	0.150
Pálpebras	0.117
Boca	0.547

Tabela 3 - Requisitos de torque do motor

Todas as especificações na tabela de torque são caracterizadas para as operações do servo motor a 5 volts. Com base nas informações coletadas e devido a leves diferenças para os graus de liberdade exigidos, foi decidido usar o micro servo-motor SG90, conveniente por preencher quase todos os pré-requisitos, além de seu custo-benefício.

3.2. Modelagem

3.2.1. Dentes e Gengiva

O modelo do crânio que estava disponível e foi impresso apresentava algumas imprecisões anatômicas, como o fato da representação dos ossos maxilar e mandibular serem sobremodo avantajados, de forma que deixaram pouco espaço para a gengiva e os dentes. Foram feitos cortes na peça, devidamente nas partes citadas acima, retirando material para que houvesse espaço suficiente para trabalhar na confecção da prótese completa (figura 19).



Figura 19: Cortes feitos nas áreas mandibular e maxilar

O material usado para esculpir a gengiva foi uma massa do tipo “clay C10” , de dureza “extra hard” (extra dura), da marca “DimClay”. Usando as estruturas da mandíbula e maxilar como apoio, além dos esboços do personagem como guia, foi pensado a dentição de uma criatura carnívora, com os caninos superiores e inferiores avantajados. As primeiras blocagens da gengiva foram tomando forma junto do posicionamento dos dentes em resina acrílica para próteses (figura 20), de forma que deixasse os caninos separados e espaçados para serem modelados separadamente mais tarde (figura 21).



Figura 20: Dentes em resina acrílica para próteses.



Figura 21: Início da escultura da gengiva e destaque dos caninos superior e inferior.

Depois de modelados no clay C10, os caninos superiores e inferiores foram devidamente arranjados para a moldagem dos mesmos. Para fazer o molde foi usado um pequeno pedaço de madeira nas dimensões de 9cmx9cm, como base e uma caixinha de suco cortada para as paredes (figura 22).



Figura 22: Preparação do molde dos caninos.

Feito o alicerce do molde, despeja-se o silicone azul dentro do mesmo para que resulte no molde acabado em silicone. Após a secagem completa do material, o molde fica pronto para trabalhar as réplicas á serem feitas. Estas, sendo os caninos, foram produzidas em resina acrílica autopolimerizável, da marca JET, comumente utilizada em próteses dentárias, consertos, reembasamentos e adições (figura 23).



Figura 23: Produção dos dentes feita em resina autopolimerizável.

Com os dentes devidamente posicionados na gengiva, incluindo os caninos, foi feito o acabamento da modelagem, em clay C10, completa do aparelho dentário. Depois de terminado, inicia-se a fase de moldagem novamente, do qual foi utilizado alginato⁵ nos testes iniciais. O alginato não mostrou bons resultados, pois sua catalisação era prejudicada pela reação química com a resina dos dentes, além da água presente na mistura do alginato que era permeabilizada pela massa clay (figura 24).



Figura 24: Moldes da prótese em alginato e resultado final que apresentou rupturas e imperfeições.

Além do molde de alginato ter se mostrado falho, também não conseguiu registrar todos os detalhes da composição dentária, apresentando bolhas no processo. Para lidar com o problema foi construído uma panela de pressão eliminadora de ar (figura25), além da substituição do alginato pelo silicone azul. A panela tinha um sistema simples de acoplagem de revolver com gatilho para calibragem de pneus com manômetro, aonde o bico de alívio de pressão da panela era conectado, por meio de uma mangueira de borracha ao equipamento. O conector do revolver era acoplado ao pino macho, de engate rápido, do compressor. Ao usar e manter 20 libras de ar comprimido foi possível preencher a caixa do molde com silicone, evitando bolhas presas durante a catalisação do produto (figura 26).

⁵ Produto de consistência cremosa, que realiza com excelência moldagens para próteses removíveis e fixas, moldes para estudos e moldes para tratamento ortodôntico.



Figura 25: Panela eliminadora de ar.



Figura 26: Resultado final do molde de silicone da prótese dentária.

O excelente resultado propiciou a transição para a próxima etapa, tirar a cópia da prótese dentária em resina. Antes de aplicar a resina no molde, foi necessário reposicionar cada dente em seu devido lugar, pressionando-os para evitar certos riscos, como a resina penetrar nas cavidades dos dentes (figura 27).



Figura 27: Reposicionamento dos dentes no molde para preparação da gengiva.

Feito a correta acoplagem dos dentes, inicia-se o processo de enchimento de resina no molde. Foi utilizada resina de poliéster, do tipo isoftálica, diluída com monômero de estireno e misturada com pigmentação rosa (branco e vermelho). Foram feitos alguns testes antes da aplicação para conseguir o resultado desejado (figura 28). A tabela 4 a seguir mostra as proporções.



Figura 28: Testes de cores para gengiva.

	Resina Isoftálica(ml)	Monômero de Estireno(ml)	Cor Branca (gotas)	Cor Vermelha (gotas)
#7A2E27	100	10	3	5
#86514C	100	5	4	5
#B07C67	100	7	4	2
#B3817F	100	3	5	2

Tabela 4: Proporções para obtenção das cores testadas para gengiva.

Segundo os testes de cores da gengiva realizados, escolheu-se a cor #B3817F para ser utilizada no produto final da prótese. Logo, a mistura foi despejada no molde, vide figura 27, e adicionado pedaços de tecido de vidro nas bordas da peça (figura 29), com o objetivo de aumentar a resistência mecânica para que, posteriormente, fosse possível fixa-la com parafusos nas estruturas maxilar e mandibular. Foram usados oito parafusos de 3mm, sendo quatro para cada parte, inferior e superior da prótese. Para finalizar, foi utilizado massa de polir para dar acabamento e brilho à peça (figura 30).



Figura 29: Adição de fibra de vidro para aumentar resistência mecânica do produto.



Figura 10: Resultado final da prótese já acoplada na estrutura

3.2.2. Olhos

Os olhos apresentaram o mesmo problema com imprecisões anatômicas, sendo necessário um trabalho de redefinição dos mesmos. Os originais do arquivo impresso eram levemente afunilados na ponta e menores que um olho natural real(figuraxx), portanto muitos testes de variados objetos, cujo formato assemelhavam olhos, foram feitos para escolher aquele que seria usado de base para moldagem. O objeto que apresentou as características necessárias foi um batente esférico de porta, feito de plástico.

Para a etapa de moldagem dos olhos foram necessários dois processos, sendo primeiramente feito o molde de silicone, em negativo, do batente de porta e depois produzir o molde de silicone, em positivo, do encaixe do olho.

.Molde negativo da esfera: Para o primeiro caso, foi utilizado um copinho de plástico, em poliestireno, como parede do molde, além de um palito colado na extremidade da esfera que serviu de apoio da peça no copo, e depois como válvula de escape de ar, evitando bolhas no processo (figura 31). O silicone foi derramado no copo, e depois de catalisado, obteve-se a primeira parte do molde em negativo (figura 32).



Figura 31: Preparação para executar a fabricação do molde do olho.



Figura 32: Resultado final do molde do olho em negativo.

Molde positivo: Para que os novos olhos pudessem encaixar na estrutura do esqueleto, foi necessário fazer um molde em positivo que capturasse os encaixes presentes nos originais, os de ABS. A armação do molde foi feita em torno da própria peça ocular de ABS, usando-a como base para fazer uma parede de fita crepe alta o suficiente para despejar o silicone.

Finalizado os moldes, positivo e negativo, foi dado início ao processo de réplica do globo ocular. A resina de poliéster Isoftálica diluída em monômero, 5% em massa e nas cores branca ou preta, foi vertida, primeiramente no molde negativo. Ainda com a resina fresca, sem ter catalisado, o molde positivo é mergulhado no molde negativo e

levemente pressionado, com a finalidade de replicar o novo globo ocular com os registros de encaixe da peça (figura 33).



Figura 33: Produção do olho com encaixe para estrutura.

Os globos oculares decorrentes tiveram excelentes resultados, propiciando a transição para a próxima etapa, colocar a íris. A parte posterior, referente à córnea, a camada que cobre a íris, foi horizontalmente seccionada de modo que pudesse trabalhar na íris. Um catálogo de íris altamente realistas foi impresso em adesivo transparente para colar em cima do material seccionado. Com tudo devidamente posicionado e colado no globo seccionado, a peça é colocada de volta no molde negativo, do qual já está parcialmente preenchido com resina cristal equivalente ao volume da córnea (Figura 34).

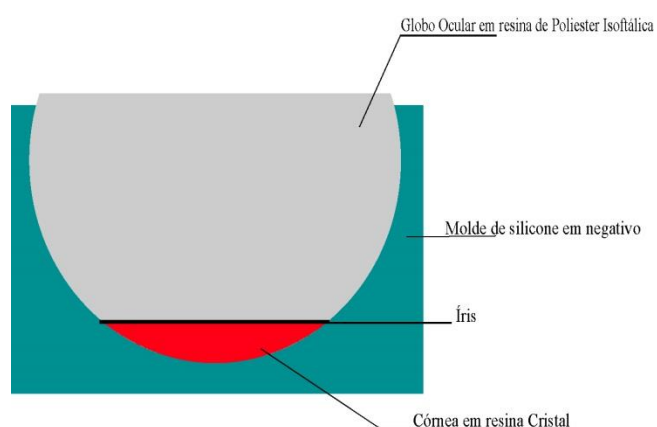


Figura 34: Exemplificação do processo de colação da íris e adição da córnea.

Depois que a resina cristal da córnea catalisa e seca, ela solda e adere ao globo ocular como um todo, então a peça final é retirada do molde para que seja aplicado o acabamento (figura 35). Para finalizar, utiliza-se de lixas d'água variadas e massa para polimento para dar brilho. Nesse processo foi usado mini retífica para agilizar o polimento das peças.



Figura 35: Peça completa recém retirada do molde.

Veias foram adicionadas para aderir mais detalhes e dar uma aparência mais realista aos olhos. Elas foram feitas utilizando-se de fios de tecidos vermelhos desfiados, depois adicionados um a um com muito cuidado e selado com resina para colar e dar acabamento (figura 36).



Figura 36: Acabamento do olho.

Por fim, os olhos são devidamente acoplados na estrutura do esqueleto, mais especificamente na base destinada ao eixo dos olhos (figura 37).



Figura 37: Acoplagem final dos olhos na estrutura.

3.2.3. Tronco

Para sustentar toda a estrutura que viria a ser moldada e montada foi planejada a construção do tronco, servindo não só de pilar, como também auxiliando de capa para esconder toda a fiação. Nesta peça o peso deveria ser levado em consideração, portanto o material usado foram placas de gesso acartonado.

As placas de acartonado, todas de medidas parelhas de 30cm x 30cm, foram coladas entre si usando gesso cola. Além disso, foi feito um corte circular com cerra-copo, um buraco que atravessa a peça de fora-fora para, posteriormente, passar toda a fiação e deixa-las escondidas.

Depois de coladas e arranjadas em uma estrutura sólida (figura 38) foram feitas algumas marcas de orientação, levando em consideração as medidas e design do personagem, para poder cortar as formas da figura. Um serrote foi utilizado como ferramenta, tanto para corte como para esculpir os detalhes. Para acabamento fez-se necessário o uso de lixas (figura 39).



Figura 38: Montagem de acartonados de gesso para estrutura do tronco.



Figura 39: Resultado do acabamento do tronco.

3.2.4. Pele

Depois de todos os processos executados até o momento, o resultado foi a obtenção de uma estrutura sólida com todos os elementos necessários, prótese dentária, olhos e tronco, para dar início à próxima etapa de modelagem e confecção da pele.

Por se tratar de uma extensa etapa mais artística e delicada, tratará de ser dividida em fases: blocagem, modelagem de acabamento, moldagem e produção da pele.

3.2.4.1. Blocagem

Esta fase foi bem complicada de executar, pois os esboços do personagem e as medidas da estrutura do esqueleto apresentavam certa desarmonia para com a silhueta desejada, dificultando o processo de blocagem inicial da forma.

Tomada a decisão de ir blocando com massa de modelar clay C10 extra hard, foi inicialmente necessário ir acompanhando as medidas do esqueleto, resultando numa silhueta tímida e franzina do personagem. À medida que a blocagem é feita, alguns detalhes já vão sendo adicionados, como algumas marcações de rugas na face, volumes do rosto, orelhas e musculatura do pescoço, costas e peito (figura 40).



Figura 20: Blocagem inicial do processo de modelagem do design do personagem.

3.2.4.2. Modelagem de acabamento

A modelagem de acabamento é a etapa que o artista ou artesão deve dar polimento para sua peça, voltando sua atenção aos detalhes do design final da criatura a ser concebida. Para esculpir e modelar a peça foram usados um conjunto de ferramentas distintas, sendo elas próprias ou não para escultura, como diversos tipos de estecas, desde artesanato até odontológicas, agulhas, palitos, esponjas e maçaricos (figura 41). O material continuou sendo o clay C10 extra hard, devido a sua grande durabilidade e resistência mecânica.



Figura 41: Ferramentas utilizadas para realizar o acabamento da escultura.

Nesta fase, o design do personagem variou bastante, pois não havia como esculpi-lo idêntico ao esboço inicial devido aos problemas relatados na seção 3.2.4.1. Portanto, o personagem foi ganhando identidade visual conforme o processo de modelagem da escultura avançava. Um conjunto de novas referências foi utilizado no processo de construção e refinamento dos detalhes (figura 42).

Figura 42: Conjunto de referências de variadas criaturas.



Fonte: Disponível em: <<https://www.pinterest.jp/pin/455848793526358881/>>

Detalhes como rugas e micro porosidade da pele são feitos usando uma combinação de maçarico, para amolecer o material, e esponjas de várias consistências para vir dando toques suaves e bruscos nas áreas a serem detalhadas. O resultado final do seu design e detalhamento foi satisfatório, como mostra a figura 43.



Figura 43: Resultado final da escultura em clay do tipo extra hard.

3.2.4.3. Produção do Molde

Para o molde desta peça, sendo uma de suas finalidades recriar a pele do animatrônico, foi escolhido o gesso como matéria-prima, pois como foi explicado no capítulo 2.3, o gesso apresenta textura porosa que permeia o processo de catalisação da borracha de látex, além de apresentar resistência suficiente para trabalhar, posteriormente, na confecção do exoesqueleto.

Inicialmente, foi necessário usar massa de plastilina, material de uso comum para artesanato e facilmente encontrado em papelarias, para estruturar o molde, servindo de parede de contenção para a produção do mesmo. A divisão é feita em corte coronal, separando os planos posterior e anterior da figura. Antes de despejar o gesso na peça, foi necessário cobri-la com uma camada de gordura para facilitar a retirada da peça na hora de desmoldar (figura 44).



Figura 44: Levantamento das paredes de plastilina e preparação para o molde de gesso

Depois de preparada toda a estrutura para auxiliar a moldagem e com a peça devidamente protegida com a camada de gordura, inicia o processo de preenchimento dessa estrutura com gesso. Uma primeira camada de gesso mais líquida é despejada primeiramente na superfície anterior da figura para capturar todos os seus detalhes e evitar bolhas no processo (figura 45).



Figura 45: Aplicação da primeira camada de gesso na escultura para capturar os detalhes da face.

Depois da secagem completa da primeira camada, inicia-se a aplicação da segunda, porém esta é feita com uma combinação de gesso e estopa para reforçar a ligação entre as duas camadas, aumentando a resistência e duração do molde. O mesmo processo é feito na outra metade, posterior, da peça (figura 46). O molde de gesso foi executado com sucesso e designado como “molde mãe”, que serviria de base não só para a pele, como também o exoesqueleto.



Figura 46: Aplicação da segunda camada de gesso.

3.2.4.4. Produção da pele

Com a finalização do molde principal, inicia-se o processo de produção da pele. As duas metades do molde são unidas e atadas com duas fitas de nylon, enforca gato, além de uma camada de massa de plastilina nas emendas, com a finalidade de evitar que o látex esorra do molde (figura 47).



Figura 47: Preparativos do molde para executar o processo de fabricação da pele.

Com todos os preparativos feitos, basta apenas encher o molde até as bordas e esperar que o látex catalise suas camadas. A espessura que o látex apresenta no produto final está relacionada ao tempo que ele é deixado dentro do molde, portanto, para atingir os requisitos deste projeto, o látex ficou em descanso por cerca de cinco horas. Depois do tempo estabelecido para catalisar a espessura da pele, retira-se todo o látex líquido restante do molde, deixando apenas as camadas resultantes da pele. Após a secagem completa, basta apenas aplicar um pouco de talco, para evitar que as camadas do látex grudem entre si, e retirar cuidadosamente a pele de dentro do molde (figura 48).



Figura 48: Máscara em látex retirado do molde.

Para o acabamento da pele de látex foram utilizadas ferramentas, como tesoura e mini retífica, com a finalidade de remover as rebarbas das emendas e abrir as cavidades dos olhos e boca (figura 49).



Figura 49: Máscaras de látex com acabamento.

3.2.5. Exoesqueleto

Para que a pele pudesse vestir o modelo e não ficar pendura, devido à diferença de volumes entre a pele de látex e a estrutura do esqueleto, foi necessário produzir o exoesqueleto. Este seria incorporado à estrutura mecânica, servindo como sua capa e possibilitando a aplicação da pele sem sofrer deformações.

Nesta etapa o molde principal foi novamente utilizado, pois era necessário copiar a mesma silhueta do personagem usado para retirar a pele, igualando seus volumes. Primeiramente o molde foi separado em duas metades novamente para então aplicar uma camada de 0,5 milímetros de clay do tipo soft, uma massa de modelagem mais macia que é comumente usada para esculturas em tamanho real, com a finalidade de nivelar a perda de volume criada pela máscara de látex (figura 50).



Figura 30: Camada de nivelamento da peça em clay.

Logo em seguida é aplicada uma camada de álcool polivinílico⁶ nas duas partes, frente e costas, preparando a peça para receber a sobreposição das camadas subsequentes para laminação. Antes mesmo de começar a laminar a figura no molde, uma camada de gel coat é aplicada na superfície para dar um melhor acabamento na peça final. Após esta etapa, inicia-se o processo de laminação da peça, que envolve aplicar camadas de fibra de vidro embebidas em resina ortoftálica. Para aumentar a resistência foi utilizado também tecido de vidro nas camadas finais do processo (figura 51).

Ao finalizar a secagem e catalisação da resina na laminação, foi necessário cortar e nivelar as rebarbas nas bordas para preparar a junção das duas metades. Foi preciso aplicar uma nova camada de laminação nas juntas para uni-las novamente. Então, depois da secagem do produto, a peça é retirada por completo de dentro do molde, restando apenas fazer alguns acabamentos como cortar as rebarbas, lixar e limpar a peça (figura 52).

⁶ polímero de álcool vinílico que forma camadas flexíveis, elásticas e permeáveis ao vapor, facilitando a desmoldagem da peça.



Figura 51: Etapa de laminação



Figura 52: Exoesqueleto, ainda sem limpeza e acabamento, retirado do molde.

3.2.5.1. Pré-Montagem

Antes de dar início à etapa de programação para sua eletrônica, fez-se necessário a montagem das partes mecânicas do esqueleto com o exoesqueleto, além da acoplagem dos servo-motores. No primeiro momento, a anexação entre ambos foi feita com parafusos, com a finalidade de marcar os pontos de acesso e movimento em permuta, como boca, olhos e pescoço. Feito isso, o exoesqueleto foi cortado para se adequar às juntas de movimento, abrindo as cavidades do globo ocular e os ligamentos da mandíbula e do pescoço. Depois que as peças foram devidamente alinhadas entre as estruturas, foi realizado sua fixação com parafusos e arrebites (figura 53).



Figura 53: Pré-montagem do exoesqueleto na estrutura do projeto.

No eixo que corresponde ao movimento da mandíbula foi utilizada uma barra de eixo de impressora, para restringir a perda de material causada pelo atrito entre a peça e o eixo com a barra (figura 54).



Figura 54: Acoplagem de eixo de impressora na junta da mandíbula.

Para a acoplagem dos servo-motores, foi necessário modificar alguns componentes da estrutura do esqueleto. Foram colocados parafusos nos encaixes dos motores para fixação e melhorar a conexão com o exoesqueleto. Clips de metal foram usados na ligação atuadora do movimento com alavancas dos servos, fazendo-se de cabo para os mecanismos de extensão e flexão (figura 55).



Figura 55: Acoplagem das hastes dos cliques nos atuadores da estrutura.

3.3. Sistema Elétrico

O sistema elétrico foi ditado principalmente pelos requisitos de software e investigação necessários para movimentar e sustentar os motores utilizados. Como tal, a seção de hardware elétrico se concentrará no controlador de motor que foi escolhido para executar os comandos, bem como na fonte de energia que é fornecida ao sistema e que abastece cada um deles. Por último, o esquema do sistema elétrico está incluído.

3.3.1. Controlador de Motor

O controlador do motor decidido foi o Arduino UNO. A decisão foi feita porque é uma plataforma bem acessível, com baixo custo, flexível e de fácil manuseio para principiantes e profissionais. Principalmente para aqueles que não teriam alcance aos controladores mais sofisticados e ferramentas mais complicadas. Uma vez que este pesquisador tinha conhecimento limitado no domínio da engenharia elétrica, era um requisito importante para o controlador do motor funcionar a partir do começo.

3.3.2. Fonte de energia

Uma fonte chaveada de 5 volts foi necessária para alimentar e manter o sistema operante. Ela possui o transistor que controla a corrente na carga, funcionando como uma chave e, portanto ou está desligado (corrente nula) ou está ligado (corrente máxima). Ocorre que, quando o transistor está desligado a corrente sendo nula não há dissipação de calor e quando ele está ligado sua resistência é mínima, quase zero, e da mesma forma, não há dissipação de calor. Essa estabilidade permite o uso de vários motores funcionando em paralelo, sem que haja superaquecimento do sistema ou sobrecarga dos motores.

3.3.3. Esquema do Sistema

Para exemplificar a montagem do sistema elétrico, seu esquema físico é mostrado na figura 56.

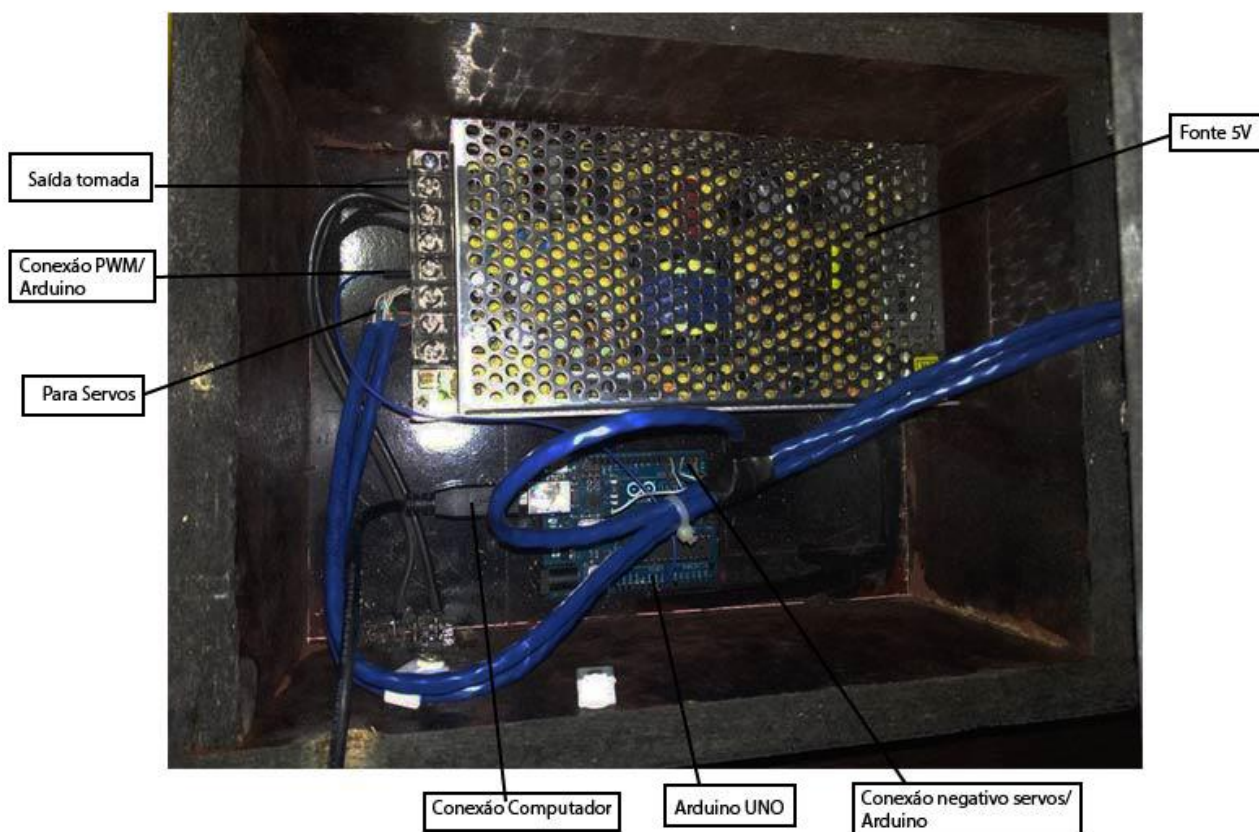


Figura 54: Esquema físico do sistema elétrico.

4. IDENTIDADE VISUAL

Com a intenção de dar um aspecto mais profissional ao projeto, foi desenvolvida uma identidade visual que fosse coerente com os princípios do trabalho e representasse as características conceituais do produto.

O primeiro passo foi a definição e confirmação do nome, Orkimaris. Este foi escolhido por identificar rapidamente sobre o que se trata as características físicas do animatrônico. O nome *Orkimaris* vem da junção de duas palavras, “Orc” e “Kimaris”. A palavra **Orc**, **Ork** ou **Orco** (termo vindo do latim Orcus, um dos títulos de Plutão, o senhor do mundo dos mortos), aparece nas línguas germânicas e nos contos de fantasia medieval como uma criatura deformada e fisicamente muito forte, que se opõem às forças “do

bem”. Ainda, segundo o Oxford English Dictionary, a palavra Orc tem o significado de “um monstro devorador; um ogro; especificamente um membro de uma raça fictícia de criaturas subumanas; pequenas e humanas em forma, mas com características ogradas e agressivas, personagens malévolos”. Este conceito foi popularizado no romance de Tolkien, “O Hobbit” e “O Senhor dos Anéis”, e virou recorrente em jogos de RPG (Role-Playing Game) de mesa ou eletrônico, como D&D, World of Warcraft e Lineage II. Já Kimaris foi retirada do nome **Cimejes**, também conhecido pelos nomes alternativos **Cimeries** e **Cimeies**, é mais conhecido como o sexagésimo sexto demônio da primeira parte do Lemegeton, um grimório popularmente conhecido como Ars Goetia (a arte da Goécia). No grimório, Kimaris é descrito como um excelente guerreiro cavalcando um cavalo preto, e possui a capacidade de localizar tesouros perdidos ou escondidos e pode fazer de um homem em um guerreiro de sua própria semelhança. Ele ocupa o posto de marquês, e tem vinte legiões sob seu comando pessoal, podendo comandar também, segundo o Lemegeton, todos os espíritos da África (MATHERS; CROWLEY, 1904). Ainda no Dicionário de Baskin, sobre o satanismo, especula-se que o nome **Cimeries** vem de **cimérios**, nome de uma casta de antigos guerreiros que, segundo alguns autores clássicos, viviam na escuridão.

O projeto como um todo, baseia-se em reunir informações e métodos de processos para serem aplicados na construção de um busto animatrônico. As particularidades do projeto foram reveladas e relatadas, de modo que o conceito final do personagem traz essas características no design e nome. Sendo assim, foi desenvolvido um logo que conectasse todos esses conceitos. Por se tratar de um produto que expõe a figura de um orc guerreiro, este logo foi baseado no princípio básico de trazer elementos relacionados às características fictícias do personagem. Na logo nota-se a presença de dois machados cruzados e um escudo na frente de ambos, representando todo o semblante que a palavra guerreiro traz ao personagem. Ainda destaca-se o fato de que os machados são as armas mais utilizadas por essas criaturas, devido ao seu porte. Já o escudo remete ao fato de Kimaris ser representado em algumas ilustrações portando escudos para compor seu arsenal de guerra. A tipografia utilizada foi a “Bangla MN”, que apresenta linhas simples para dar uma aparência mais rústica ao logo. O resultado final do logotipo pode ser observado na figura 58.



Figura 58: Logo do projeto.

5. PROTÓTIPO FINAL COM INTEGRAÇÃO DE TODOS OS COMPONENTES

O busto Orkimaris foi desenvolvido com o intuito de investigar e por em prática as potencialidades das tecnologias conjuntas no processo de fabricação de uma figura animatrônica, aliadas á diversas técnicas e métodos para tal. Com este propósito em vista, foi projetado um busto animatrônico que, no princípio, se beneficiou ao ter utilizado tecnologia de impressão 3D para produzir sua estrutura. Durante esta etapa de produção, a impressão 3D apresentou muitas dificuldades, devido a limitação da área de impressão, erros causados em algumas peças que tiveram que ser descartadas devido a problemas nos eixos da impressora e rachaduras devido a rápida contração do material extrudado, por não estar em um ambiente com temperatura controlada. No entanto, os problemas apresentados estão mais relacionados ao equipamento utilizado do que a tecnologia em si, devido ao fato da impressora ser um modelo homemade, que, embora

seja muito proveitosa, ainda possui falhas. Tais erros poderiam ser resolvidos com a utilização de uma impressora comercial de maior qualidade. Ainda nesta etapa de produção da estrutura impressa, foram relatadas diferenças e irregularidades existentes no modelo virtual disponível no acervo de projetos, se comparadas à anatomia humana. Dessa forma, foi necessário adaptar o modelo impresso físico às necessidades do projeto. Se comparado às técnicas comumente utilizadas em empresas especializadas em produzir animatrônicos, aonde o personagem primeiramente deve ser esculpido para depois adequar a sua estrutura mecânica ao design produzido, pode-se dizer que houve uma inversão do processo. A escultura e design do personagem tiveram que ser adequados em razão da estrutura mecânica impressa, e mesmo essa última teve de ser minimamente modificada para atender algumas adequações anatômicas e conceituais. Porém, apesar dessa inversão do processo e dos problemas encontrados, ainda assim a pesquisa mostrou uma grande vantagem ter usado essa tecnologia na estrutura impressa como base do projeto, pois o modelo já apresentava o espaçamento de todos os motores, bem como o planejamento das articulações bem resolvidas e boa resistência mecânica para suportar os testes feitos na pesquisa.

Na etapa de modelagem, que compreende a escultura e fabricação dos moldes, houve inúmeros problemas, devido à dificuldade de trabalhar com a química de certos materiais, como é o caso do ocorrido no molde da gengiva, na figura 24. O material escolhido para esculpir a forma do personagem, clay extra hard, foi de grande vantagem ao apresentar boa durabilidade para receber detalhamento e acabamento, além de não deformar devido a ambientes quentes ou leves impactos na peça. Porém, ao fabricar seu molde de gesso, apresentou muita resistência em ser desmoldado, mesmo com considerável camada de gordura para lubrificar a peça. Cada vez que o molde de gesso não encontrava o ponto certo de secagem ou não captava os detalhes desejados, o processo tinha de ser refeito, contudo a escultura era gravemente danificada e tinha de ser refeita também, o que custou a maior parte do tempo do projeto nesta etapa. O material utilizado para fazer a córnea dos olhos, a resina cristal, apresentou muitas dificuldades no processo de catalisação dos mesmos, uma vez que ao pressionar a peça que corresponde o globo ocular no molde com resina cristal ocorria muitas bolhas de ar. A densidade e a química da resina cristal em conjunto com a pressão manual da peça dentro do molde, dificultaram a obtenção de sucesso na produção dos olhos, o que resultou em pares de olhos com cores de íris diferentes. Apesar de todos os problemas

relatados, o design se manteve fiel ao desejado e aceitável para produzir a máscara de látex.

Outras questões que dificultaram o resultado final foram as descobertas durante o teste do sistema mecânico. As pálpebras e os globos oculares não estavam perfeitamente alinhados, o que levou os mecanismos de ligação falharem e travarem os motores responsáveis pelas pálpebras e pelo eixo “x” dos olhos. Devido a essas duas ligações, os olhos e as pálpebras não puderam percorrer toda a amplitude de movimento. O pouco tempo restante para trabalhar no hardware do sistema eletrônico foi insuficiente, visto que havia muitos comandos para o animatrônico realizar, portanto, foi decidido trabalhar com movimentos mais básicos, retirando os motores do pescoço e deixando apenas olhos, pálpebras e boca a serem programados. O módulo Bluetooth e o aplicativo para controle remoto do animatrônico também não puderam ser implementados no tempo hábil. A falta desses componentes resultou na dependência do boneco ficar, obrigatoriamente conectado a um computador para realizar os comandos programados pelo Arduino.

Todas estas questões mencionadas serão abordadas no trabalho futuro deste projeto.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto abordou muitas áreas de estudo, das quais o pesquisador não tinha conhecimento prévio, o que colocou as habilidades do mesmo à prova em cada etapa do desenvolvimento do animatrônico. A busca constante por conhecimento e técnicas específicas, além do contato com várias pessoas e processos que somaram para se obter ótimos resultados, foram, de certo modo, o que estimulou e alavancou o progresso da pesquisa. Contudo, toda etapa do projeto passou por vários testes, dos quais a palavra “fracasso” foi protagonista e fez parte decisiva no processo de aprendizagem. Segundo Churchill, “o sucesso consiste em ir de fracasso em fracasso sem perder o entusiasmo.”, esta citação, sem dúvidas, traduz a essência do que foi a experiência vivida por este projeto.

Apesar dos inúmeros problemas durante o desenvolvimento, o produto se mostrou funcional e as tecnologias e técnicas utilizadas para o seu desenvolvimento foram eficazes. Portanto, assim como os animatrônicos profissionais que se tornam obras únicas de tecnologia e arte, por se tratar do trabalho agregado, nível de detalhes e complexidade para realizar suas funções específicas, o produto final cumpre o básico dos requisitos prestados, oferecendo um resultado aceitável como animatrônico do tipo *homemade*.

O prosseguimento deste estudo possibilita o aperfeiçoamento do produto e de suas funções, de forma que contribua ainda mais com o acervo de informações coletadas e atenda de maneira satisfatória os objetivos previamente estabelecidos. Sugere-se a realização de novos estudos a fim de aprimorar o produto desenvolvido, como por exemplo:

- Adicionar o módulo Bluetooth para que o animatrônico não necessite mais ficar conectado a um computador para executar os comandos;
- Programar e preparar o aplicativo de celular com QR Code para controlar remotamente o boneco, possibilitando que diferentes usuários possam experimentar a interface, além de tornar os movimentos mais realistas e evitar a perda de sinal para os comandos;
- Executar e aplicar acabamentos mais refinados, como pelo e pintura da face;
- Adicionar os motores nas articulações do pescoço, sobrancelhas e lábios, com a finalidade de aumentar o grau de expressões e movimentos obtidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SHOOTER, P.E.; BUCKNELL, S. **Animatronics**. Mechanical Engineering Dep., Bucknell University, 2014.

CUSTOM ENTERTAINMENT SOLUTIONS. ” **How do they do that? With animatronics!**”_ Fev. 2013. Disponível em: <<http://animatronicrobotics.com/how-do-they-do-that-with-animatronics/>>. Acesso em: 20 out. 2018.

BARBOSA de ANRADE, L. **Animatrônicos**. 2005. 101 f. Projeto Final do Curso de Engenharia da Computação- Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2005.

BERNARDES, L.H. **Revista Mecatrônica Fácil** – Ano 2 – Nº. 11 – Editora Saber, 2003.

NEEDHAM, J. **Science and Civilization in China**. Taipei: Caves Books Ltd. p.53. Cambridge University, 1986.

SHIRBON, E. **Da Vinci's lion prowls again after 500 years**. Amboise: Reuters, 2009. Disponível em: < <https://in.reuters.com/article/us-france-davinci-lion/da-vincis-lion-prowls-again-after-500-years-idINTRE57D1MQ20090814>>. Acesso em: 19 ago. 2018.

ROGERS STUDIOS. **The Real History of Animatronics**. Robotics & Animatronics. Ago. 2014. Disponível em: <<http://roborobotics.com/Animatronics/history-of-animatronics.html>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

MOLESWORTH, M. **The Cuckoo Clock**. 1. ed. Londres: J. B. Lippincott Company, 1914.

MAGICAL KINGDOMS. **The History of Disney's Audio Animatronics**. Ago. 2014. Disponível em: <<http://www.magicalkingdoms.com/blog/2008/07/08/the-history-of-disneys-audio-animatronics/>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

PIERCE, T. J. **"Beyond Lincoln: Walt's Vision for Animatronics in 1965"**. Disney History Institute. Jul. 2013. Disponível em: <<http://www.disneyhistoryinstitute.com/2013/07/beyond-lincoln-walts-vision-for.html>>. Acesso em: 12 out. 2018.

THOMASON, T. **The Rock-afire Explosion Documentary**. Direção geral de Brett Whitcomb. Nova York, 2009.

CORLISS, R. **Behind the Magic of Jurassic Park**. 11 ed. Nova York: TIME, 1993.

MAGID, R. **Effects Team Brings Dinosaurs Back from Extinction**. American Cinematographer Magazine, 2014. Cap. 6, p. 46-52.

PAUSA DRAMÁTICA. **25 Anos de Família Dinossauro**. Saiba mais sobre a série e veja como era feita. Abr. 2016. Disponível em: <<https://pausadramatica.com.br/2016/04/29/25-anos-de-familia-dinossauro-saiba-mais-sobre-a-serie-e-veja-como-era-feita/>>. Acesso em: 02 ago. 2018.

Von STAMM, B. **Managing Innovation, Design and Creativity**. 2. ed. California: Jhon Wiley & Sons, 2008. v. 1.

GUINNESS WORLD RECORDS. **Most Expensive Television Documentary Series per Minute**. Jun. 2015. Disponível em: <<http://www.guinnessworldrecords.com/world-records/most-expensive-television-documentary-series-per-minute/>>. Acesso em: 29 out. 2018.

NERD SHOW. “**Por que a TV Colosso foi Cancelada?**”. Set. 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=I3mnhBds8tY&t=2s>>. Acesso em: 29 out. 2018.

Wise, E. (2000). **Animatronics: A Guide to Animated Holiday Displays**. Cengage Learning. p. 9.

ROBERTS, T. **Animatronics- With added Bite**. Reino Unido: The Guardian, 2009. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/technology/2009/aug/12/animatronics-dinosaurs-live-show>>. Acesso em: 15 set. 2018.

FITZPATRICK, R. **Designing and Constructing an Animatronic Head Capable of Human Motion Programmed using Face-Tracking Software**. 2010. 47 f. Graduate Capstone Project- Worcester Polytechnic Institute, Worcester, 2010.

BUFFINGTON, J. **Arvid's Eyes**. Buffington Effects. Ago. 2014. Disponível em: <<http://www.buffingtonfx.com/j1432/animatronics/eye.html>>. Acesso em: 12 out. 2018.

TYSON, J. **How Animatronics Work**. *How Stuff Works*. Nov. 2011. Disponível em: <<https://entertainment.howstuffworks.com/animatronic.htm>>. Acesso em: 12 out. 2018.

BUFFINGTON, J. **Skin and Molds**. Buffington Effects. Ago. 2014. Disponível em: <<http://www.buffingtonfx.com/j1432/animatronics/molds.html>>. Acesso em: 12 out. 2018.

CHAN, N. **Synthetic Skin For Animatronic Robots Gets More Realistic**. Whalerock Industrie. Ago. 2012. Disponível em: <<https://www.tested.com/tech/robots/198315-synthetic-skin-for-animatronic-robots-gets-more-realistic/>>. Acesso em: 12 out 2018.

SERCEL. **Resina Poliéster**: Tudo oque Você Precisa Saber. Jan. 2015. Disponível em: <<http://www.sercel.com.br/blog/resina-poliester.html>>. Acesso em: 12 out. 2018.

THURSTON, J. (1997). **The prop builder's molding & casting handbook**. 6. ed. Cincinnati: Betterway Books. p. 55.

KENDAL, F. P.; McCREARY, E. K.; PROVANCE, P. G. **Músculos: Provas e Funções**. 4. ed. São Paulo: Editora Manole LTDA, 1995.

QUESADA, V. **About the Alexander Technique**. Nov. 2009. Disponível em: <http://alextechniquevictoria.com/about_the_alexander_technique>. Acesso em: 27 set. 2018.

(1997). **Sensory Reception**. In Encyclopedia Britannic Macropedia. Britannica Inc.

LEFOHN, A., CARUSO, R., REINHARD, E., & BUDGE, B. (2003). **An Ocularist's Approach to Human Iris Synthesis**. IEEE Computer Graphis and Applications.

ROBIN, S. **Human Eye Pupil Types**. Mai. 2011. Disponível em: <<http://www.livestrong.com/article/63809-human-eye-pupil-types/>>. Acesso em: 28 Set. 2018.

DIJKSTRA, P. U., HOF, A. L., STEGENGA, B., & De BONT, L. G. (1999). **Influence of mandibular length on mouth opening**. Journal of Oral Rehabilitation. p.117-122.

MATHERS, S.L.M.;CROWLEY, A. (1904) **The Goetia: The Lesser Key of Solomon the King**. Lemegeton Clavicula Salomonis Regis.