

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARTE  
LINHA DE PESQUISA: ARTE E TECNOLOGIA**

**PERFORMANCE ROBÓTICA  
ASPECTOS EXPRESSIVOS E EXPERIMENTAIS EM  
ARTE E TECNOLOGIA**

**Autora: Julia Ghorayeb Zamboni**

**BRASÍLIA – DF**  
**2013**  
**JULIA GHORAYEB ZAMBONI**

**PERFORMANCE ROBÓTICA**  
**ASPECTOS EXPRESSIVOS E EXPERIMENTAIS EM ARTE E TECNOLOGIA**

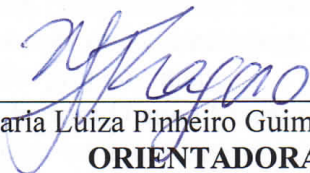
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arte, da linha de pesquisa em Arte e Tecnologia, da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Artes.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Luiza Fragoso

Co-orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Dianne Magalhães Viana

Brasília  
2013

**DISSERTAÇÃO E PRODUÇÃO IMAGÉTICA DE MESTRADO EM ARTE  
APRESENTADA AOS PROFESSORES:**



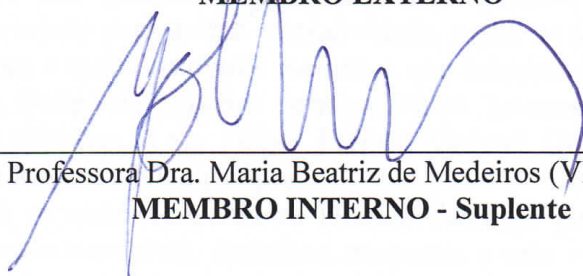
---

Professora Dra. Maria Luiza Pinheiro Guimarães Fragoso (VIS/UNB)  
**ORIENTADORA**



---

Professora Dra. Carla Maria Chagas e Cavalcante Koike (CIC/UNB)  
**MEMBRO EXTERNO**



---

Professora Dra. Maria Beatriz de Medeiros (VIS/UNB)  
**MEMBRO INTERNO - Suplente**

Vista e permitida a impressão  
Brasília, segunda-feira 1 de julho de 2013.

Coordenação de Pós-Graduação do Departamento de Artes Visuais do Instituto de Artes /  
UnB.

## AGRADECIMENTOS

Nos últimos dois anos busquei esquematizar com clareza as minhas estratégias de pesquisa artística. Recentemente, identifiquei e compreendi a origem de uma parte fundamental do meu processo criativo: meus projetos são formulados a partir de diálogos. É junto com outras pessoas que eu construo minhas ideias de projetos artísticos. Portanto, agradeço a todos que me presentearam com contribuições criativas neste projeto.

Agradeço especialmente a Julia Gonzales, que entre 2008 e 2012 participou do meu amadurecimento como artista, compartilhou e multiplicou meus processos criativos.

Agradeço aos professores que contribuíram com a pesquisa: à professora Maria Luiza Fragoso pela orientação do projeto, atenção e delicadeza em todas as ocasiões; à coorientadora da pesquisa, professora Dianne Magalhães, pela imensa generosidade, em especial por assumir o risco e abrigar com entusiasmo e carinho o meu projeto na Faculdade de Engenharia, e por estar sempre disponível a me ajudar; à professora Sonia Paiva, que me introduziu no universo da arte multimídia e me ensinou que as novas mídias podem somar, não apenas substituir, as técnicas da tradição; aos professores Jones Yudi Mori, Flávio Vidal, Antonio Piratelli Filho, Geovany Araujo Borges, Márcia Marques, e ao Louis-Phillipe Demers por responder aos meus e-mails, tirar algumas dúvidas sobre arte robótica e por me indicar ótimos artigos e livros sobre o tema.

Agradeço aos grandes Nathan de Souza e Paulo Henrique M. de Oliveira por trabalharem no projeto com ânimo e criatividade, e por se tornarem amigos extraordinários. Também agradeço a todos os outros membros que compuseram a equipe de trabalho: André Luiz Gonçalves, Felipe de Oliveira Ferreira, Filipe Tavares Oliveira, João Gabriel Gomes, Lucas de Levy Oliveira, Luís Felipe Ferrari, Gabriel Gomes Gaspar, Igor de Sant'Ana Fontana, Raquel Roland e Nicolás Spur.

Agradeço ao meu companheiro Disrael Camargo pelo interesse e envolvimento no projeto, por todas as conversas, desenhos, maquetes e tudo o mais em que se aventurou com tanto entusiasmo junto comigo no desenvolvimento do projeto; aos meus pais por terem me dado todo o suporte que eu precisei, emocional, intelectual e financeiro. Aos amigos Têinson Milhomem, Margarida Coelho, Patricia Sakowski e aos colegas do mestrado Alexandra e André por me concederem tantas contribuições e suporte no processo de desenvolvimento do mestrado.

Por fim, agradeço a Galeria Espaço Piloto por receber a exposição Cacotecnia, produto da pesquisa; e à CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior; ao DEG UnB, Decanato de Ensino de Graduação; ao DEX UnB, Decanato de Extensão; e ao FAC D.F., Fundo de apoio à Cultura, pelo apoio financeiro.

“A qualquer estágio da técnica, desde Dédalo ou Heron de Alexandria, a habilidade do artífice em produzir um simulacro operante do organismo vivo sempre intrigou o povo. Este desejo de produzir e estudar os autômatos foi sempre expresso em termos da técnica viva do tempo.” (*Cibernética*, Norbert Wiener , p. 67)

“Os seres animados por magia e os cadáveres reanimados em laboratório foram substituídos por robôs, andróides e supercomputadores”. (*Somos Todos Ciborgues*, Cristina Ferraz Musse, p.88).

## RESUMO

ZAMBONI, Julia Ghorayeb. **Performance Robótica: Aspectos Expressivos e Experimentais**. 2013. 94 pág. Dissertação de Pós-Graduação em Artes. Universidade de Brasília – UNB, 2013.

Performance robótica é uma prática artística na qual robôs atuam como agentes performáticos, desprovidos de propósitos funcionais. O termo foi cunhado em 2006, por Philip Auslander, durante a exibição da 49ª Exposição Internacional da Bienal de Arte de Veneza. Nesta pesquisa, o conceito foi estudado de forma exploratória visando a definição dos elementos composicionais das performances robóticas e outras características desta linguagem. Além da etapa teórica, a pesquisa incluiu o desenvolvimento de uma obra de performance robótica que foi chamada Cacotecnia.

**Palavras chave:** Robô. Performance. Interdisciplinaridade.

## **ABSTRACT**

ZAMBONI, Julia Ghorayeb. **Robotic Performance:** Expressive and Experimental Aspects. 2013. 94 pág. Dissertação de Pós-Graduação em Artes. Universidade de Brasília – UNB, 2013.

Robotic Performance is an artistic practice in which robots act as agents in performances, devoid of functional purposes. The term was coined in 2006, by Philip Auslander, during the display of the 49<sup>a</sup> International Exposition of Venice Biennale. In this research the concept was studied in an exploratory way to define the compositional elements of robotic performances and other features of this language. Besides the theoretical phase, the research included the development of a work of robotics performance called Cacotecnia.

**Keywords:** Robot. Performance. Interdisciplinarity.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fotografia de R.U.R.....	19
Figura 2 - Ilustração dos sensores infravermelhos e de vídeo do robô RON.....	21
Figura 3 - Micro Controlador.....	22
Figura 4 - Braço Mecânico.....	23
Figura 5 - Servo Motor .....	24
Figura 6 - Antoine Pevsner, <i>Torso</i> .....	25
Figura 7 - Henry Moore, <i>Reclining Figure</i> .....	26
Figura 8 - Moholy Nagy, <i>Light Modulator</i> .....	27
Figura 9 - Nicolas Schoffer, <i>CYSP I</i> .....	28
Figura 10 - Sergei Shutov, <i>Abacus</i> .....	30
Figura 11 - Robô <i>QRIO</i> da Sony .....	31
Figura 12 - Edward Ihnatowicz's, <i>The Senster</i> .....	32
Figura 13 - <i>Em Busca do Ouro</i> , Charles Chapling.....	34
Figura 14 - David Hanson, <i>Jules</i> .....	34
Figura 15 - Ulla West, <i>Inexorable</i> .....	36
Figura 16 - Marcel·lí Antúnez Joan, <i>l'Home de Carn</i> .....	37
Figura 17 - Christus Menezes, Tamanduá <i>Amiko</i> .....	37
Figura 18 - Stelarc, <i>Exoskeleton</i> .....	38
Figura 19 - Tinglado Teatro, <i>La repugnante historia de Clotario Demoniac</i> .....	39
Figura 20 - Cynthia Breazea, <i>Talking to Vegetables</i> .....	41
Figura 21 - Louis-Phillipe Demers e Bill Vorn, <i>The Convulsive Machine</i> .....	41
Figura 22 - Simon Penny, <i>Petit mal</i> .....	42
Figura 23 - Exemplo do item 5.....	44
Figura 24 - Exemplo do item 5.....	44
Figura 25 - Robotlab, <i>Instrument</i> .....	47
Figura 26 – Ken Feingold, <i>Head</i> .....	48
Figura 27 – MariVelonaki, <i>Fish Bird</i> .....	49



Figura 28 – Walking Head, <i>Stelarc</i> .....	51
Figura 29 - Ambiente Caixa.....	52
Figura 30 – Ambiente Caixa.....	52
Figura 31_ Ambiente Caixa.....	52
Figura 32_ Visão da entrada Robô.....	53
Figura 33 - Caco.....	53
Figura 34 - Caixa de motores.....	53
Figura 35 Interação do robô com o público.....	54
Figura 36 Interação do robô com o público.....	54
Figura 37 - Interação do robô com o público.....	54
Figura 38 - Detalhe do robô.....	55
Figura 39 - Detalhe do robô.....	55
Figura 40 - Detalhe do robô.....	55
Figura 41 - Sala de reunião da equipe.....	57
Figura 42 - Caderno de acompanhamento do projeto.....	57
Figura 43 - Caderno de acompanhamento do projeto.....	57
Figura 44 - Estrutura Analítica do Projeto.....	59
Figura 45 - Cartaz para divulgação do projeto nos três primeiros semestres.....	62
Figura 46 Cartaz para divulgação do projeto nos três primeiros semestres .....	62
Figura 47 - Cartaz para divulgação do projeto nos três primeiros semestres .....	62
Figura 48 - Galeria Espaço Piloto, UnB.....	64
Figura 49 - Planta baixa da galeria.....	64
Figura 50 - Caixa de Música.....	65
Figura 51- Caixa de Música.....	65
Figura 52- Caixa de Música.....	65
Figura 53 - Caixa de Música.....	65
Figura 54 - Caixa de Música.....	65
Figura 55 - Caixa de Música.....	65
Figura 56 - Projeto do Ambiente do Robô.....	65
Figura 57 - Projeto do Ambiente do Robô.....	65
Figura 58 - Projeto do Ambiente do Robô.....	66
Figura 59 - Projeto do Ambiente do Robô.....	66
Figura 60 - Maquete de Papel .....	66
Figura 61 - Maquete de Madeira.....	66

Figura 62 - Estudo do Pannel .....	67
Figura 63 - Estudo do Pannel.....	67
Figura 64 - Desenho técnico do robô.....	67
Figura 65 - Módulo do Padrão.....	67
Figura 66 - Padrão do Relevo dos Biombos.....	67
Figura 67 - Padrão do Relevo dos Biombos.....	68
Figura 68 - Padrão do Relevo dos Biombos .....	68
Figura 69 – <i>Canard</i> .....	68
Figura 70 - Desenho técnico do robô .....	69
Figura 71 - Perfil do robô Modelagem da escultura.....	69
Figura 72 - Primeira Representação Gráfica.....	69
Figura 73 - Segunda Representação Gráfica.....	69
Figura 74 – Estudo da face e modelagem da escultura .....	70
Figura 75 – Escultura em argila.....	70
Figura 76 - Molde de Gesso.....	70
Figura 77 - Construção da máscara.....	70
Figura 78 - Aplicação da Máscara no Robô.....	70
Figura 79 - Corpo de Tecido .....	71
Figura 80 - <i>Balé Triádico</i> , de Oscar Schlemmer.....	71
Figura 81 - Estudo do Figurino .....	71
Figura 82 - Estudo do Figurino em Desenho.....	71
Figura 83 - Estudo do Figurino em Desenho.....	71
Figura 84 - Figurino em Maquete.....	71
Figura 85 - Configuração final do figurino.....	71
Figura 86 - Configuração final do figurino.....	71
Figura 87 - Configuração final do figurino.....	71
Figura 88 - Cenário e o figurino.....	72
Figura 89 - Desenho técnico do tórax.....	79
Figura 90 - Primeiro protótipo do Tórax.....	79
Figura 91 - Desenhos técnicos do Tórax.....	79
Figura 92 - Desenhos técnicos do Tórax .....	79
Figura 93 - Desenhos técnicos do Tórax .....	79
Figura 94 - Segundo protótipo do Tórax.....	79
Figura 95 - Cabos que ligam os mecanismos aos motores.....	79

Figura 96 - Cabos que ligam os mecanismos aos motores.....	79
Figura 97 - Desenho técnico do pescoço .....	80
Figura 98 - Primeiro protótipo do pescoço.....	80
Figura 99 - Desenho técnico do pescoço.....	80
Figura 100 - Segundo protótipo do pescoço.....	80
Figura 101 - Desenho técnico do pescoço.....	81
Figura 102 - Terceiro protótipo do pescoço.....	81
Figura 103 - Desenho técnico sistema dos olhos.....	82
Figura 104 - Primeiro sistema dos olhos.....	82
Figura 105 - Desenho técnico sistema dos olhos.....	82
Figura 106 - Sistema Final.....	82
Figura 107 - Detecção de faces.....	83
Figura 108 - Detecção de faces.....	83
Figura 109 - Panfleto da exposição.....	85
Figura 110 - Montagem da Exposição.....	86
Figura 111 - Montagem da Exposição.....	86
Figura 112 - Câmera de vídeo.....	86
Figura 113 - Câmera de vídeo.....	86
Figura 114 – <i>Backstage</i> .....	86

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Elementos composicionais de performances robóticas.....	35
Tabela 2 - Cronograma PBL.....	63
Tabela 3 - Estados emocionais do robô.....	74
Tabela 4 - Probabilidades de comportamento.....	74
Tabela 5 - Orçamento da execução artística.....	76
Tabela 6 - Cronograma de execução artística.....	77
Tabela 7 - Orçamento da execução tecnológica.....	83
Tabela 8 - Cronograma de execução tecnológica.....	84
Tabela 9 - Falhas observadas.....	87

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 - Relação entre a semelhança dos robôs com os humanos e a afinidade que os espectadores sentem pelos robôs.....	33
Gráfico 2 - Ciclo de Vida do Projeto.....	58

## Sumário

INTRODUÇÃO.....	15
PARTE I: ESTUDO TEÓRICO .....	19
1. OS ROBÔS .....	19
1.1. SENSORES.....	20
1.2. UNIDADE DE PROCESSAMENTO.....	21
1.3. EFETUADORES .....	23
1.4. ATUADORES.....	23
2. ESCULTURA: PRECURSORA DOS ROBÔS NA ARTE .....	25
3. PERFORMANCE ROBÓTICA.....	29
3.1. CARACTERÍSTICAS DAS PERFORMANCES ROBÓTICAS .....	30
4. ELEMENTOS COMPOSICIONAIS DAS PERFORMANCES ROBÓTICAS.....	35
4.1. CONFIGURAÇÃO DO CORPO .....	36
4.2. CONFIGURAÇÃO DO AMBIENTE.....	40
4.3. CONFIGURAÇÃO DO COMPORTAMENTO.....	42
4.3.1. Movimento .....	43
4.3.2. Gestalt do movimento .....	43
4.3.3. Princípios da animação cinematográfica e do teatro de bonecos .....	45
4.3.4. Sonorização.....	47
4.3.5. Tipo de Sequência .....	49
PARTE II: PRODUÇÃO DA PERFORMANCE ROBÓTICA .....	52
5. EXPOSIÇÃO CACOTECNIA.....	52
6. ORGANIZAÇÃO DO PROJETO.....	56
6.1. METODOLOGIA DE PBL.....	60
7. PRODUÇÃO ARTÍSTICA.....	64
7.1. AMBIENTE DO ROBÔ .....	64

7.2.	O CORPO DO ROBÔ.....	69
7.3.	O COMPORTAMENTO DO ROBÔ.....	72
7.4.	SONORIZAÇÃO .....	74
7.5.	FINANCIAMENTO E CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO .....	75
8.	PRODUÇÃO TECNOLÓGICA DO ROBÔ .....	78
8.1.	TÓRAX .....	78
8.2.	PESCOÇO.....	80
8.3.	OLHOS .....	81
8.4.	VISÃO COMPUTACIONAL .....	82
8.5.	FINANCIAMENTO E CRONOGRAMA DO PROJETO TECNOLÓGICO .....	83
9.	INTEGRAÇÃO DA PRODUÇÃO ARTÍSTICA E TECNOLÓGICA.....	85
	CONCLUSÃO.....	88

## INTRODUÇÃO

O interesse da humanidade em aparatos que replicam os seres vivos é um fenômeno antigo e com vasto alcance cultural. Tradicionalmente, as obras de arte performáticas e visuais, além dos ídolos, imagens funerárias, bonecas e autômatos, reproduzem os fenômenos da vida por meio da imitação da aparência e dos movimentos dos animais, especialmente dos seres humanos. Exemplos de tais reproduções são as figuras animadas artificialmente, que possuem um semblante de vontade própria e autonomia. A animação de objetos pode ocorrer por meio de dois métodos: a manipulação humana direta, como ocorre no teatro de formas animadas, ou a criação de autômatos, como os brinquedos mecânicos, que são autopropelidos.

A criação da vida artificial correu próxima à história das tecnologias; no século XVII, Blaise Pascal contribuiu para o desenvolvimento dos autômatos. Em 1642, Pascal inventou a máquina de calcular aritmética, um dos primórdios do computador, com a capacidade de resolver problemas matemáticos. O trabalho de Pascal foi levado adiante no século seguinte pelo matemático e filósofo Gottfried Wilhelm von Leibniz, considerado prenunciador do desenvolvimento das técnicas de inteligência artificial. A partir dessa época, além do objetivo tradicional de construir réplicas de humanos e animais, a produção dos autômatos também objetivava o desenvolvimento de sistemas inteligentes capazes de resolver problemas postos de maneira matemática.

No século XX surgiram os primeiros robôs, que foram concretizados pelos princípios da Cibernética<sup>1</sup>. Os robôs desempenham operações análogas às do sistema nervoso dos organismos vivos e podem ser providos de memória<sup>2</sup>, aprendizagem<sup>3</sup> e órgãos sensoriais

---

<sup>1</sup> Um dos principais parâmetros da cibernética é o de que todos os sistemas de controle e comunicação, sejam eles orgânicos e naturais, como, por exemplo, o humano, sejam eles inorgânicos e artificiais, como o de algumas máquinas, podem ser expressos nos mesmos termos. Então, ambos os grupos, naturais e artificiais, podem ser estudados por meio dos mesmos parâmetros conceituais. Por isso, o grupo de Norbert Wiener designou o campo inteiro da teoria da comunicação e controle, seja ele na máquina ou no animal, com o nome de cibernética.

<sup>2</sup> As máquinas possuem dois tipos de memórias. Uma para ser usada durante o processo de ações específicas e que, depois que a ação acaba, pode ser descartada, e a outra, que faz parte dos registros permanentes do sistema. A memória é uma função fundamental para que ocorra o processo de aprendizagem, que, tanto na máquina como no animal, depende da capacidade do indivíduo de aprender e da existência de auxílios externos, tais como “recompensas” e “sanções” para comportamentos bons ou ruins respectivamente. A memória está ligada também a associação de idéias e ao reflexo condicionado (associação entre comida e outro objeto que seja colocado sempre junto ao estímulo da comida).

<sup>3</sup> A aprendizagem das máquinas foi desenvolvida para o desempenho de diversas funções, tal qual a participação em jogos competitivos, como o xadrez. Neste tipo de sistema, a máquina se desenvolve e melhora as suas jogadas a partir da experiência. No primeiro jogo, a máquina joga apenas com o conhecimento sobre o número de peças em cada lado do tabuleiro, as possibilidades de movimentos destas peças e as regras do jogo. Mas, após os primeiros jogos, ela começa a jogar de maneira mais sofisticada, pois começa a pontuar e classificar as partidas que foram perdidas, ganhas e empatadas e se torna capaz de preservar os resultados das operações passadas, para usá-las no futuro.



como termômetros, câmeras de vídeo e sonares. Eles são capazes de estimar dados relativos ao seu estado interno e sobre as condições externas do meio, de forma que podem desempenhar ações premeditadas sobre o ambiente. A partir do advento dos robôs, os princípios de reprodução do fenômeno da vida transcenderam ainda mais à imitação da aparência e do movimento dos animais e concentraram-se especialmente no desenvolvimento de seres artificiais com comportamento reativo e autônomo.

No universo das artes esta tendência impulsionou pesquisas diferentes. Ao mesmo tempo em que os robôs são utilizados para ampliar as qualidades representacionais dos seres artificiais em relação aos organismos vivos, estas máquinas são consideradas por muitos artistas como agentes imbuídos de características próprias e não necessariamente veículos representacionais dos seres humanos.

As ações desempenhadas pelos robôs podem possuir aparente intencionalidade e animação, ou serem caracterizadamente automáticas e funcionais; no entanto, dos mais animados aos mais maquinais, o comportamento dos robôs ganhou espaço nas artes performáticas. Com amplo grau de possibilidades experimentais, este fenômeno introduziu um campo de estudo que foi denominado *robotic performance*. Neste trabalho será utilizada a tradução do termo para português, *performance robótica*.

Esta pesquisa se dedica à investigação artística deste tipo de produção, na qual os robôs atuam como agentes em eventos performáticos. Por ser um assunto pouco explorado teoricamente, este estudo teve como um dos objetivos identificar os aspectos composicionais das performances robóticas e apontar outras características deste meio artístico. Como as pesquisas mais importantes em arte robótica são realizadas por artistas pesquisadores – como Louis-Phillipe Demers, Bill Vorn, Eduardo Kac, entre outros – este trabalho seguiu a mesma linha de pesquisa teórica-prática exercida por estes pesquisadores. Simultaneamente à pesquisa teórica, foi produzida uma obra de performance robótica. O trabalho aborda as questões fundamentais envolvidas nesta linguagem para introduzir o assunto para as futuras análises e produções deste tipo de obra.

A motivação em estudar e produzir performances robóticas surgiu em uma situação inusitada: enquanto fazia os acabamentos finais de uma escultura de uma cabeça masculina na qual trabalhava há meses, o cavalete da escultura quebrou e ela despencou no chão. Aos prantos, vendo a escultura deformada, pensei que poderia construir uma escultura animada. Foi assim que idealizei a primeira versão da obra *Cacotecnia*, como a parte prática da pesquisa, sendo a produção de uma cabeça humanóide capaz de se autodeformar com movimentos próprios e reativos às pessoas que se aproximassem a ela. Nessa fase inicial do

projeto, a robótica era abordada apenas como uma ferramenta ilusionista para gerar humanóides autopropelidos. Durante o desenvolvimento da pesquisa, à medida que aprendi mais sobre o universo da robótica, a abordagem inicial se modificou. A produção da obra *Cacotecnia* não priorizou o efeito representacional do robô humanóide, mas sim buscou apresentar também o caráter disfuncional do robô. A obra *Cacotecnia* foi a oportunidade de compreender mais sobre as idiosincrasias dos robôs como agentes performáticos e experimentar uma forma de produção de performance robótica, que é uma linguagem com características altamente interdisciplinares.

A robótica é uma área de estudo que costuma envolver engenheiros mecânicos, engenheiros elétricos, cientistas da computação, matemáticos, biólogos, psicólogos e outros profissionais. Além disso, a formação de equipes constituídas por integrantes de áreas diferentes é uma premissa que quase sempre esteve ligada à produção teatral, que normalmente envolve diversos profissionais e técnicos, tais como o diretor, os atores, o cenógrafo e figurinista, o iluminador, entre outros. Jack Burnham (1973) observou que, a partir de 1966, a formação de parcerias com engenheiros ficou cada vez mais comum entre os artistas plásticos.

Com as abordagens teóricas e práticas sobre o tema, a pesquisa será apresentada em duas partes: a Parte I traz uma abordagem teórica sobre performances robóticas; a Parte II mostra o processo de produção da obra *Cacotecnia*. A Parte I está distribuída em quatro capítulos distintos: o primeiro expõe o conceito e os componentes tecnológicos dos robôs, principalmente por meio dos pesquisadores especialistas em robótica George A. Bekey e Maja J. Mataric; o segundo indica origem da arte robótica pela escultura, conforme postulou o autor Jack Burnham; o terceiro capítulo aponta as principais características das Performances Robóticas por meio dos teóricos Masahiro Mori, Steve Tillis, Phillip Auslander, Patrice Pavis, Louis-Phillipe Demers, Eduardo Kac e Steve Dixon; no quarto capítulo foram definidos e descritos os principais elementos composicionais das performances robóticas por meio da seleção de uma série de performances robóticas diferentes e com referência nas classificações da semiótica do teatro de George Savona e Erika Fisch Lichte.

A Parte II da dissertação contém o processo de produção da obra *Cacotecnia*. No capítulo cinco são descritos os resultados da exposição *Cacotecnia*; o sexto capítulo mostra a organização do projeto com descrição da metodologia de aprendizado utilizada como ferramenta para a execução da obra; o sétimo relata a execução artística enquanto o capítulo oito apresenta a execução tecnológica. No capítulo nove é descrito o processo de integração das etapas tecnológica e artística.

O trabalho resultou na exposição CACOTECNIA, que ocorreu na Galeria Espaço Piloto, da Universidade de Brasília, com vernissage no dia 11 de janeiro de 2013 e ficou montada até o dia 29 de janeiro.

## PARTE I: ESTUDO TEÓRICO

### 1. OS ROBÔS

O termo “robô” deriva do checo *robot*, que significa trabalho forçado. O termo foi cunhado em 1917 pelo autor checo Karel Capek para o título de uma peça de teatro, *R.U.R. Rossum's Universal Robots*, como mostra a Fig. 1.

Figura 1: Fotografia de *R.U.R.*



Fonte: <http://www.umich.edu/~engb415/literature/pontee/RUR/RURsmry.html>

Na mitologia e na literatura, seres artificiais como os robôs muitas vezes foram considerados criaturas perigosas. O Golem, por exemplo, é um personagem do folclore judeu. Segundo a lenda, ele foi criado em argila por um rabino para defender a cidade de Praga dos ataques antisemitas. Entretanto, este autômato se tornou muito violento e voltou-se contra o seu criador. Nos séculos XVIII e XIX a desconfiança das pessoas em relação aos seres artificiais aumentou ainda mais quando muitos trabalhadores perderam o emprego durante a Primeira Revolução Industrial. A obra *Frankenstein*, de Mary Shelley, do sec. XIX, é um exemplo desta desconfiança.

O autor e físico Isaac Asimov, divulgador das histórias de robôs no contexto da era industrial, procurou combater este tipo de mito e foi o criador das três leis fundamentais da robótica<sup>4</sup> (1984):

---

<sup>4</sup> As três leis da robótica surgiram na literatura, e são de difícil implementação tecnológica.

- 1ª Lei: Um robô não deve fazer mal a um ser humano ou, por inação, permitir que um ser humano sofra qualquer mal;
- 2ª Lei: Um robô deve obedecer a qualquer ordem dada por um ser humano, desde que essa ordem não interfira com a execução da Primeira Lei;
- 3ª Lei: Um robô deve proteger a sua existência desde que esta proteção não interfira com a Primeira e Segunda Leis.

Na atualidade, o termo robô foi definido pela pesquisadora do MIT (Massachusetts Institute of Technology) Mataric da seguinte maneira: “*robots are autonomous system which exists in the physical world, can sense its environment, and can act on it to achieve some goals*” (2007, p. 4). Autonomia, na robótica, significa a capacidade de realizar tarefas sem intervenção humana explícita.

Os componentes que proporcionam esta capacidade são: os sensores, que fazem o reconhecimento do ambiente; a central de processamento, que pode ser um computador ou um microcontrolador; os efetadores, que agem sobre o ambiente; e os atuadores, que geram seus movimentos. Tais componentes serão detalhados a seguir:

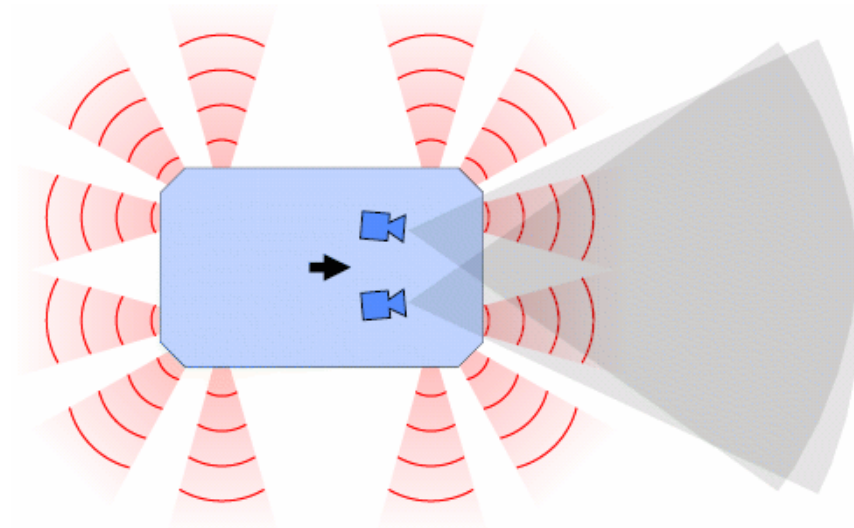
### 1.1.SENSORES

Os robôs são equipados com sensores que geram informações sobre o estado de seu próprio sistema e o estado do ambiente. Estas informações estão diretamente relacionadas com a sua capacidade de cumprir tarefas. Os sensores podem ser “exteroceptivos” ou “proprioceptivos”, o que significa que podem gerar informações sobre o ambiente externo, tal como a existência e a localização de uma parede ou a percepção da temperatura ambiente; ou informações internas, como a sua localização no espaço, a posição de um de seus membros e a carga de sua bateria.

A maior parte dos sensores utilizados em robôs foi inspirada nas capacidades sensoriais dos animais tais como a visão, a audição, o tato, o senso de orientação espacial e o sonar, que é a forma de localização espacial dos morcegos e dos golfinhos. Seus correspondentes robóticos são as câmeras de vídeo, os microfones, os sensores de tato, o giroscópio e acelerômetros (que informam o nível de inclinação) e o ultrassom. No entanto, existem sensores que não foram biologicamente inspirados tais como os detectores de diversos tipos de radiação: por exemplo, o LDR (Light Dependent Resistor) é um sensor que

mede a intensidade da luz no ambiente (muito usado em postes urbanos); o sensor Geiger de medição de radiação alfa e gama; e sensores Hall de campos magnéticos. A Figura 2 ilustra sensores infravermelhos e de vídeo do robô RON, desenvolvido na Universidade Goethe em Frankfurt.

Figura 2: ilustração dos sensores infravermelhos e de vídeo do robô *RON*



Fonte: [www.vsi.cs.uni-frankfurt.de](http://www.vsi.cs.uni-frankfurt.de)

A quantidade de informação disponibilizada pelos sensores pode ser mínima, com valores restritos a “sim” ou “não” (conhecidos como sensores booleanos) – como, por exemplo, os sensores de presença que identificam se algo passou por determinado lugar ou não; mas não é capaz de identificar mais nenhum dado, como a posição contínua no espaço do objeto que passou por ele. Outros sensores como a câmera ou o ultrassom geram dados muito mais complexos, como a distância relativa de um objeto que se aproxima. O sensor deve ser escolhido a partir do tipo de tarefa que será realizada pelo robô, no entanto, a percepção do ambiente não é gerada apenas pelo sensor, mas também depende da unidade de processamento. Uma vez que o sensor gera dados quantitativos, eles precisam ser processados para se tornarem informações úteis para a definição de suas ações.

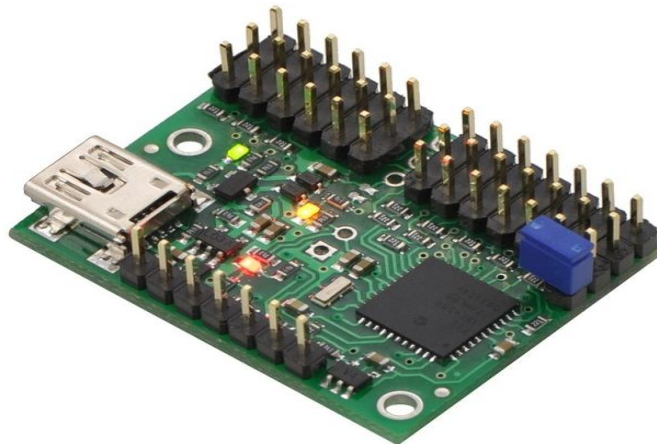
## 1.2. UNIDADE DE PROCESSAMENTO

A partir dos dados coletados pelos sensores, a unidade de processamento faz a interpretação de estímulos e codifica as reações do robô, ou seja, a unidade processa os dados enviados pelos sensores e comanda as ações dos atuadores. O processamento normalmente

ocorre em tempo real<sup>5</sup>. A interpretação de estímulos é realizada por meio de algoritmos, que são séries de instruções bem definidas de como a unidade de processamento deve lidar com os dados provenientes dos sensores e fazer cálculos para fornecer uma resposta para o usuário ou sistema. Os algoritmos podem ser escritos em muitas linguagens de computador, tais como Java ou C++. A linguagem é escolhida a partir da velocidade de processamento nestas linguagens ou do nível de exigência das tarefas.

Os microcontroladores são unidades de processamentos completos em um chip; ou seja, ele possui os elementos principais de um computador (CPU, memória RAM e um processador). Normalmente, microcontroladores são usados para aplicações que necessitam de pouco processamento, como controle de motores e câmeras. Quando a limitação de memória ou tempo de processamento são um problema, normalmente são usados microcontroladores de maior potência ou ele é combinado com um computador. Neste caso, o computador assume o papel de processador e passa os comandos para o micro controlador executar. Cada microcontrolador possui a capacidade de armazenar algoritmos programados, que são as séries de instruções bem definidas para executar os comandos ou leituras dos sensores, vide Fig. 3.

Figura 3: Microcontrolador



Fonte: [www.electan.com](http://www.electan.com)

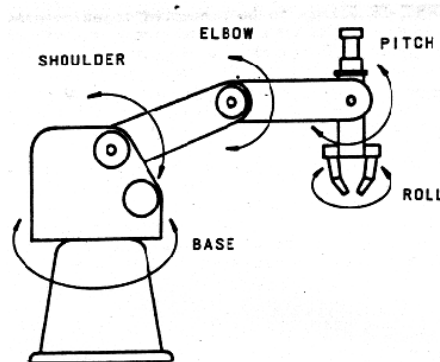
---

<sup>5</sup> Programas em tempo real devem garantir resposta dentro de restrições tempo estabelecidas. Muitas vezes, os tempos de resposta do sistema ocorre em milissegundos.

### 1.3. EFETUADORES

Os efetadores são as partes mecânicas do sistema que atuam no ambiente. Eles são utilizados principalmente para a manipulação de objetos ou para a locomoção do robô. A Fig. 4 mostra um braço mecânico provido de uma extremidade capaz de segurar objetos.

Figura 4: Braço Mecânico



Fonte: [www.dee.feb.unesp.br](http://www.dee.feb.unesp.br)

A locomoção dos robôs podem ocorrer, por exemplo, por meio de rodas, pernas (duas, quatro, seis ou mais pernas), esteiras e hélices. Também existem robôs que rastejam como cobras, robôs aquáticos, aéreos, escaladores e até robôs que mudam a sua forma de locomoção para adequar-se ao ambiente.

Os efetadores têm seus movimentos definidos a partir de graus de liberdade. O número de graus de liberdade é o número de coordenadas independentes que descreve a trajetória que será alcançada pelo efetador.

### 1.4. ATUADORES

Os atuadores são mecanismos que geram o movimento dos efetadores. Nos animais, os atuadores são os músculos que estão conectados aos tendões que movimentam os membros. Nos robôs, os atuadores normalmente são motores elétricos, como mostrado na Fig. 5, mas também podem ser dispositivos hidráulicos ou pneumáticos, como os músculos pneumáticos e as bombas hidráulicas.



Figura 5: servo motor (motor elétrico)



Fonte: [www.aileronmodelismo.com.br](http://www.aileronmodelismo.com.br)

A combinação dos atuadores com elementos mecânicos possibilitam trajetórias ou forças específicas. Nesses casos, os atuadores são os dispositivos que possibilitam a interação física da unidade de processamento com o ambiente ao oferecer respostas em movimento ou em força.

## 2. ESCULTURA: PRECURSORA DOS ROBÔS NA ARTE

O autor Jack Burnham (1973) demonstrou que o desenvolvimento da escultura moderna, paralelo ao desenvolvimento científico e tecnológico da sociedade, foi precursor da arte robótica. As principais mudanças estilísticas ocorridas durante o Modernismo foram consideradas estágios preparatórios para a ocorrência da arte robótica. As correntes que estimulavam a abstração da forma foram duas: uma tendia para a geometrização e a outra para a “organicidade”. Burnham chamou estas tendências estilísticas de Formalismo e Vitalismo, respectivamente.

Para este autor, a essência da escultura Formalista residiu em sua capacidade de imbuir uma variedade de estilizações e valores mecânicos na escultura. A variedade de estilizações mecânicas foi interpretada pelo autor como uma preparação para a assemblagem literal dos componentes e sistemas da máquina na arte. O aparecimento de materiais oferecidos pela industrialização implicou na pesquisa de novas técnicas e sistemas de construção que, por sua vez, determinaram o surgimento de novas estruturas e estéticas. Estas correntes fizeram uso de materiais industrializados como o metal, o vidro e o papelão, todos frutos dos avanços tecnológicos do período. A geometrização das formas pode ser observada, por exemplo, na obra dos Futuristas, Construtivistas e da Bauhaus. A Fig. 6 é um exemplo de escultura formalista do artista Antoine Pevsner.

Figura 6: Antoine Pevsner, *Torso*, 1924-1926



Fonte: <http://www.andrewdunnphoto.com/>

A outra tendência abstracionista foi estilisticamente para o lado oposto da geometrização e procurou produzir obras com formas orgânicas. A escultura vitalista foi interpretada por Burnham como um caminho de aproximação da arte do ideal orgânico. Um dos significados da escultura abstrata em sua fase inicial é que a vida não poderia mais ser caracterizada pelo mimetismo. Um exemplo desta tendência é apresentado na Fig. 7, da escultura de Henry Moore. Mais tarde, o orgânico das esculturas se afastou da aparência biológica e se aproximou do funcionamento biológico por meio de máquinas.

Figura 7: Henry Moore, *Reclining Figure* (1951)



Fonte: <http://www.dartmouth.edu/~matc/math5.geometry/unit16/1908.jpeg>

Cada uma destas correntes estilísticas foi acompanhada por uma corrente filosófica: a Mecanicista e a Vitalista. A teoria mecanicista possuía como valores a crença nas bases científicas, normalmente eletroquímicas, para todo o fenômeno da vida, inclusive a consciência humana. Nesta corrente, a interpretação da vida ocorre em termo de funções físicas analisáveis e na convicção de que as condições físico-mecânicas, ao invés de energias espirituais, são responsáveis pela vida biológica. Já a teoria Vitalista não confia em explicações unicamente racionais para o processo da vida. Para os seguidores desta corrente, alguns aspectos da vida não podem ser explicados por meios físicos, como o que é chamado de Élan vital ou força vital. Esta dicotomia pode ser observada nos dias de hoje e enquanto alguns teóricos relativizam os conceitos de inteligência e autonomia e acreditam que estes fenômenos podem ser produzidos por meios artificiais, outros não acreditam que a inteligência artificial possa algum dia ser significativamente concretizada.

Em seguida ao modernismo ocorreu outra mudança nos parâmetros artísticos que foi fundamental para o estabelecimento da arte robótica segundo Burnham (1973): a passagem de escultura como objeto para escultura como sistema, como os objetos da arte cinética. A

escultura como objeto é a forma tradicional da escultura, ligada aos valores da durabilidade, compactação e imobilidade. As esculturas são, enquanto objetos, mais confiáveis do que as esculturas enquanto sistemas, pois possuem estabilidade física inerente e maior durabilidade. As esculturas como sistemas, por sua vez, costumam ser móveis, podem ser controladas por energia elétrica, possuem durabilidade incerta, flexibilidade de uso, adaptabilidade e capacidade de reação. A partir desta transformação, as esculturas passaram a ter características de expansão e dinâmica. A escultura como sistema é formada por componentes mutuamente dependentes e pode manifestar alguns comportamentos característicos da vida como auto-organização, crescimento, equilíbrio, sensibilidade, *input* e *output* e, eventualmente, morte, usando parâmetros de tempo real e movimento. Apesar de a escultura cinética reagir à participação do espectador, sua reação é passiva, como um corpo que sofre uma força e ganha movimento. Ainda assim, esta característica preparou a cena para a eventualidade da obra agir de fato, que foi consolidada pela robótica. Um exemplo de escultura como sistema é a obra *Light Modulator*, com suas superfícies metálicas de discos móveis perfuradas, mostrada na Fig. 8.

Figura 8: Moholy Nagy, *Light Modulator*



Fonte: <http://arteunimoron.blogspot.com.br/2012/01/light-prop-moholy-nagy.html>

A arte robótica foi concretizada propriamente nas décadas de 50 e 60. Burnham (1973) explicou que a ideia de trazer à vida materiais como a madeira e a pedra tem sido a obsessão dos escultores a séculos, e este autor afirmou que, pela primeira vez (referindo-se à sua

época), o escultor poderia alcançar este objetivo por meio da tecnologia. Durante este período, muitos escultores pararam de procurar o naturalismo formal da figura humana, pois perceberam que para trazer a matéria inerte à vida o antropomorfismo não é necessariamente o meio mais adequado; e, para muitos artistas, a máquina se tornou o meio pelo qual poderiam reconstruir a vida, conforme foi postulado por Jack Burnham.

Nicolas Schoffer foi um dos primeiros artistas a utilizar o potencial de aparatos robóticos na arte, com a obra *CYSP 1* (nome derivado da conjunção das iniciais de *cybernetic* e *spatiodynamic*) de 1956 (vide Fig. 9). Essa obra foi projetada como uma escultura capaz de reagir às diferenças ambientais. Constituída de uma estrutura articulável presa a uma base fixa, possuía alguns sensores analógicos que, ao detectarem a presença de observadores, produzia diferentes movimentos em sua parte articulável. Se o ambiente estivesse escuro e silencioso, a escultura era animada; se o ambiente estava iluminado e com barulho, ela ficava parada. Estímulos ambíguos produziam comportamentos imprevisíveis. Nas palavras de Kac: “ao passar do eletromecânico ao eletrônico, a obra de Schoffer criou uma ponte entre a arte cinética e a arte robótica” (1998).

Figura 9\_ Nicolas Schoffer , *CYSP 1* (1956)



Fonte: <http://cyberneticzoo.com/?tag=cybernetique>

### 3. PERFORMANCE ROBÓTICA

Ainda que o termo *Robotic Performance* só tenha sido criado em 2001 pelo teórico Philip Auslander, outros autores admitiram anteriormente que o comportamento dos robôs poderia ser conformado em eventos performáticos. Por exemplo, Eduardo Kac, em 1997, comentou sobre este fenômeno nas obras de Mark Pauline e Selarc; o autor Steve Dixon, por sua vez, escreveu em 2007 que os agentes robóticos desempenham um tipo de *metallic performance*. Atualmente o termo *Robotic Performance* é amplamente utilizado Louis-Phillipe Demers, que é um dos artistas pesquisadores de maior destaque na área.

As Performances Robóticas ocorrem quando robôs são agentes em eventos performáticos. As ações desempenhadas pelos robôs neste tipo de obra podem possuir aparente intencionalidade, ou apenas ações mecanizadas, de forma que qualquer ação desempenhada por um robô poderia ser apresentada como uma performance. No entanto, performances robóticas também podem ser classificadas como instalação ou outras linguagens. A performance robótica ocorre em decorrência do comportamento do robô, a forma como ele utiliza seu corpo, gestos, sons e ações físicas para a criação de situações deslocadas de sua estrita funcionalidade.

Auslander (2006) situou a performance robótica como uma prática pertencente aos domínios da *performance art*. Neste sentido, o autor esclarece que a *performance art* pode conter os mesmos conceitos fundamentais que o teatro, pois não é necessariamente um novo e revolucionário paradigma e sim uma constelação que abrange vários gêneros de performances. Uma das questões que podem ser levantadas sobre a inclusão dos robôs como agentes de performances é a discussão sobre a necessidade da presença humana (ator ou *performer*) em eventos performáticos. Alguns autores, como Fische Litche (1992), acreditam que: “a condição mínima para teatro ser teatro é que o ator *A* represente a pessoa *X* enquanto a pessoa *S* assiste.” (pág. 7). Em contrapartida, outros autores não pensam assim. Por exemplo, Patrice Pavis (2010) questionou a necessidade da presença de um ator vivo e visível para que a obra seja considerada uma performance e não uma instalação, filme ou outra linguagem. Ele propôs a distinção entre o vivo e o *live*, que quer dizer produzido em tempo real para o espectador, para justificar a ausência de seres humanos em obras performáticas. Já o autor Philip Auslander explica que, em um nível simplista, as máquinas podem “performar”, uma vez que o significado do verbo é simplesmente *fazer*, “*to do*”. Quando um humano ou uma máquina faz algo, ele “performa”.

Esta questão foi tratada por Auslander no ensaio *Human Boogie*, no qual o autor partiu da análise de obras que foram expostas na 49ª Exposição Internacional da Bienal de Arte de Veneza. Uma das obras, *Abacus* (2001), mostrada na Fig. 10, consistia em robôs que desempenhavam sons e movimentos de uma reza judia. No catálogo da Bienal, a obra foi citada como instalação. No entanto, os visitantes estavam se referindo a ela pela designação de performance e o autor, que é especialista no assunto, foi questionado sobre qual era a sua opinião. Auslander respondeu que a obra era uma performance, embora também pudesse ser considerada uma escultura instalada ou um sistema de playback, pois argumentos verossímeis poderiam ser utilizados para justificar estas categorias, mas ele esclarece que estes grupos não são mutuamente exclusivos.

Figura 10: Sergei Shutov, *Abacus*, 2001



Fonte: [www.newlaboratoria.ru](http://www.newlaboratoria.ru)

### 3.1. CARACTERÍSTICAS DAS PERFORMANCES ROBÓTICAS

Ainda que Auslander afirme que os robôs são capazes de performar, ele explica que não podem fazê-lo da mesma forma como os humanos. Para explicar esta afirmação, o autor cita o teórico Godlovitch, que distingue duas categorias de habilidades que um *performer* pode possuir: a habilidade técnica e a habilidade interpretativa. Para Auslander, os robôs possuem apenas habilidades técnicas, pois são máquinas e, segundo ele postula, não possuem nada que possa ser significativamente chamado de inteligência. Para o autor, a falta de consciência, inteligência e emotividade justificam a afirmação de que os robôs não possuem habilidades interpretativas, como a criatividade.

No entanto, Auslander (2006) não considera que esta condição dos robôs prejudica a qualidade ou autenticidade de suas performances. Ele explica que, em manifestações de artes performáticas como no teatro e na música, existem exemplos nos quais o desempenho técnico dos *performers* ocorre em detrimento das habilidades interpretativas. Ele cita Edward Gordon Craig Oskar Schlemmer como exemplo deste impulso. Craig e Schlemmer desejavam que os atores seguissem os comandos do diretor sem adicionar ou interpretar o que lhes era pedido, com habilidade e destreza, à maneira de uma máquina. Algumas performances robóticas exploram esta condição nobre das máquinas, como os robôs QRIO da Sony, mostrado na Fig. 11, que executam, por exemplo, uma dança tradicional japonesa.

Figura 11: robô *QRIO* da Sony

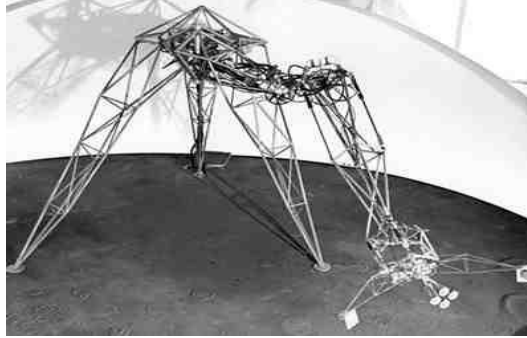


Fonte: [www.gearbits.com](http://www.gearbits.com)

No entanto, muitas vezes as performances robóticas não apresentam coreografias habilmente executadas; ao contrário, demonstram comportamentos aparentemente motivados por personalidade e autonomia, com características da emotividade humana, sujeitos a oscilações que afetam o desempenho performático dos robôs. *The Senster* (1969-1970), mostrado na Fig. 12, de Edward Ihnatowicz, era um robô com autonomia de comportamento, na qual a personalidade era mostrada de acordo com o tipo de relação que ele desenvolvia com o público. *The Senster* exibia um comportamento “tímido” e media 2,6 metros de altura e 5 metros de comprimento. Em sua cabeça, e na parte superior de seu corpo, havia microfones sensíveis e detectores de movimento conectados a um computador. Assim, *The Senster* conseguia perceber e movimentar sua cabeça suavemente na direção dos humanos mais quietos e sutis, enquanto os mais agitados e barulhentos faziam-no afastar-se.



Figura 12\_ Edward Ihnatowicz's, *The Senster*



Fonte: <http://lifeartus.wordpress.com/2011/06/07/its-been-a-really-tough-year-but-whats-next-for-media-art-uk/>

Alguns artistas aproveitam o comportamento autônomo e reativo dos robôs como uma ferramenta ilusionista para criação de réplicas dos organismos vivos. Ao contrário desta tendência, outra linha de pesquisa abandona a ideia de que os robôs são veículos de representação dos humanos e defende que os robôs possuem uma ontologia própria, que os liberta da função representacional. Assim, os robôs podem abster-se do compromisso com a *representação* de outros seres e objetivar a *apresentação* do que realmente são, com comportamentos assumidamente maquinais.

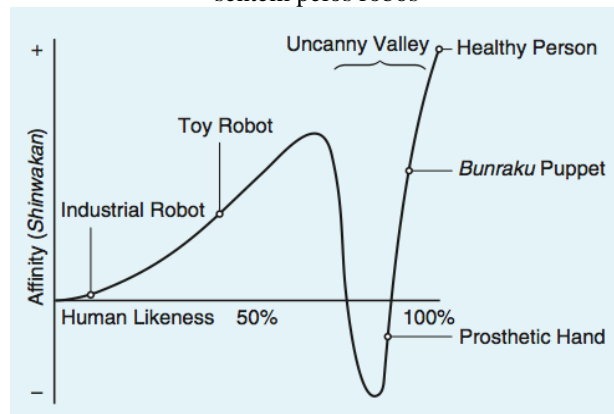
No entanto, a delimitação desta linha é tênue. Como exposto por Louis-Phillipe Demers (2008), os robôs possuem como parte de sua ontologia similaridades com os seres humanos e outros animais. Em sua origem, eles foram idealizados à Figura e semelhança dos seus criadores e suas características humanóides fazem parte de suas idiossincrasias. Por se situarem entre o vivo e o sem vida, Demers denominou a condição dos robôs de *Multiple Ontologies Disorder*, um tipo de esquizofrenia humano-robótica.

Ainda assim, eles podem ser percebidos como se estivessem vivos. A forma que a audiência imagina vida no objeto percebido se dá pela possibilidade de *suspension of disbelief*, termo cunhado pelo poeta Samuel Taylor Coleridge, para se referir à suspensão de julgamentos em relação à implausibilidade da narrativa em obras de ficção. Este efeito ocorre no teatro de bonecos, em relação à disposição da audiência para aceitar as limitações do meio, de forma que ela não interfere na aceitação da premissa de que o personagem está vivo (Tillis 47).

O efeito dos robôs humanóides sobre os seres humanos foi analisado pelo autor japonês Masahiro Mori, que em 1970 escreveu um artigo intitulado *The Uncanny Valley*. O artigo, originalmente escrito em japonês, foi traduzido pela primeira vez para o inglês em 2012. Mori apresenta a teoria de que a relação estabelecida entre o grau de antropomorfismo

dos robôs e o grau de afinidade que o público sente ao interagir com eles não é continuamente ascendente. Segundo Mori, o antropomorfismo pode gerar afinidade dos seres humanos em relação aos robôs, mas dependendo do grau de realismo ele gera o efeito inverso e os robôs despertam, ao contrário, o sentimento de aversão. Como Mori mostrou no Gráfico 1, exposto abaixo, as pessoas parecem não sentir afinidade em relação aos robôs industriais, por não possuírem semelhança com os seres humanos. Já os robôs de brinquedo são mais simpáticos, por possuírem características humanóides, como braços ou olhos. No entanto, a partir de um certo grau de semelhança com os seres humanos, a condição de estar entre o vivo e o sem vida pode situar os robôs em um vale do não-familiar, por exemplo, onde se situam os zumbis, e que causa certa repugnância.

Gráfico 1: Relação entre a semelhança dos robôs com os humanos e a afinidade que os espectadores sentem pelos robôs



Fonte: The Uncanny Valley, 2012

Demers (2008) observou que, dos robôs mais representativos aos mais assumidamente maquinais, as performances robóticas normalmente geram no espectador o efeito de *Double Vision*. O termo *double vision* foi cunhado pelo pesquisador de teatro de bonecos, Steve Tillis (1992), e significa a maneira como o espectador apreende os bonecos de duas formas distintas e simultâneas: enquanto objeto percebido e enquanto vida imaginada. Para entender o significado deste conceito, podemos observar o filme *Em Busca do Ouro* (1925), de Charles Chaplin. A cena em que Carlitos, segurando um garfo com um pão espetado em cada mão, manipula estes objetos de forma a criar a ilusão de serem também duas pernas em uma caminhada e em uma dança, conforme a Fig. 13, é um exemplo bem apropriado de efeito de *double vision*.

Figura 13\_ *Em Busca do Ouro*, 1925

Fonte: <http://cinemaedebate.com/2010/10/19/em-busca-do-ouro-19251942/>

O efeito de *double vision* muitas vezes é indesejado e os artistas se esforçam para fazer robôs mais realistas possíveis, com o robô Jules, de David Hanson, exposto na Fig. 14, que possui aparência super realista, é capaz de se comunicar por meio de diálogo, olhar para seu interlocutor e se movimentar de forma muito semelhante aos humanos.

Figura 14\_ David Hanson, *Jules*, 2006

Fonte: <http://4.bp.blogspot.com/-CspT7L4vWrg/T0gKs5DWpbI/AAAAAAAAAEs/fncz-xlDqMs/s1600/Jules.jpg>,

#### 4. ELEMENTOS COMPOSICIONAIS DAS PERFORMANCES ROBÓTICAS

Demers (2010) sugeriu que a análise de performances robóticas poderia ser realizada a partir da configuração do corpo, do comportamento e do ambiente do robô. Estes elementos foram desenvolvidos nesta pesquisa a partir da observação de uma amostra variada de performances robóticas, em comparação com as classificações simbólicas da semiótica do teatro, apresentada pelos autores Erika Fischer Litche<sup>6</sup> (1992), Elaine Aston e George Savona (1991). Conforme expresso Na Tabela 1, a configuração do corpo do robô pode ser antropomórfica/zoomórfica ou mecanomórfica/abstrata; a configuração do ambiente em que ele é exposto pode variar entre o espaço de teatro tradicional, as galerias de arte ou a rua e outros espaços públicos; e, por fim, a configuração do comportamento do robô se manifesta por meio dos sinais sonoros e do movimentos, e podem ocorrer de forma interativa, com início, meio e fim, em *looping* ou aleatoriamente. Assim como os sistemas simbólicos do teatro (Lichte, 1992), estes elementos composicionais podem interagir entre si de três formas diferentes: eles podem se reforçar mutuamente, se contradizer ou não e se relacionar minimamente.

Tabela 1: Elementos composicionais de performances robóticas

ELEMENTOS COMPOSICIONAIS	RECURSOS				
Configuração do corpo do robô	Antropomórfico/Zoomórfico				
	Mecanomórfico/ Abstrato				
Configuração do comportamento do robô	<i>Em looping</i>	Aleatório	Em série	Recursos Sonoros	Linguísticos
					Paralinguísticos
				Recursos de Movimento	
Configuração do ambiente do robô	Teatro Tradicional				
	Galeria				
	Rua				

<sup>6</sup> The actors activities as a sign: language-based signs e kinesics signs; the actors appearance as a sign; spatial signs; nonverbal acoustic signs. (Litche)

#### 4.1. CONFIGURAÇÃO DO CORPO

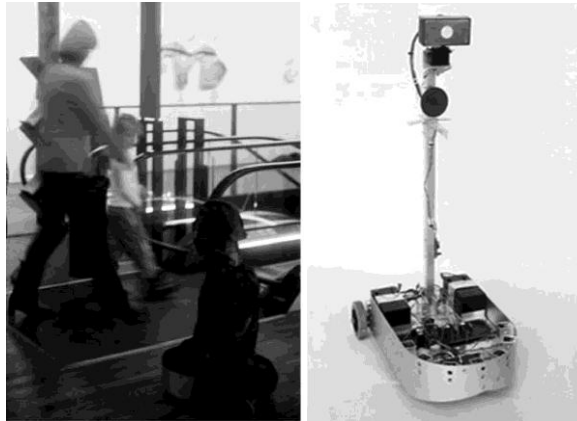
No teatro tradicional, o corpo de um personagem é limitado pelo corpo do ator em termos de forma, movimento, tamanho e peso. Ao contrário, nas performances robóticas os robôs podem assumir diversas configurações, com tamanhos, graus de liberdade e de flexibilidade muito diferentes. Mesmo com toda a versatilidade, o comportamento dos robôs depende de suas características corporais, uma vez que os robôs estão sujeitos às leis da física, que envolvem massa, inércia e atrito.

A ideia de criação de seres semelhantes aos humanos é antiga e existe em muitos mitos e lendas, como Galateia, personagem de um mito grego, era uma escultura realizada por Pigmaleão e que foi transformada em mulher pela deusa Afrodite. Nos livros e filmes de ficção este fenômeno também pode ser observado, como o robô do filme *Metrópolis*, de Fritz Lang, produzido em 1927.

Os robôs são persistentemente imaginados com formas humanas; entretanto, o surgimento da arte robótica, nos anos 60, estava relacionado com uma estética antimimética das máquinas com relação aos seres humanos. Muitos artistas que desenvolvem performances robóticas preferem criar robôs não antropomórficos ou zoomórficos, mas escolhem trabalhar sua modelagem comportamental para criar a ilusão de intencionalidade em seus movimentos. Assim, como no teatro de bonecos, os robôs não precisam ter configuração humanóide ou zoomórfica para serem percebidos como se fossem seres sensitivos.

*Inexorable*, mostrado na Fig. 15, foi desenvolvido pela artista Ulla West entre os anos 1999 a 2009. Durante seus primeiros anos de sua existência, *Inexorable* foi coberto por figurinos de forma a representar um mendigo, mas posteriormente os figurinos foram retirados e o robô passou a atuar com os componentes tecnológicos que constituíam seu corpo à mostra.

Figura 15: Ulla West, *Inexorable*



Fonte: Disturbing, Fragile, Inexorable. Human-Robot Interactions from a Perspective of Artistic Practice

Outro exemplo de robô antropomórfico é *Joan, l'Home de Carn*, exibido na Fig. 16, que foi desenvolvido por Marcel·lí Antúnez. Esta obra, de 1992, foi exposta em espaços públicos e se movia a partir dos sons emitidos pelos transeuntes.

Figura 16: Marcel·lí Antúnez *Joan, l'Home de Carn*



Fonte:[http://www.marceliantunez.com/tikiwiki/tiki-read\\_article.php?articleId=54](http://www.marceliantunez.com/tikiwiki/tiki-read_article.php?articleId=54),

Já o tamanduá Amiko, conforme a Fig. 17, é um exemplo de robô zoomórfico. Este *pet robot* foi desenvolvido por Christus da Nóbrega, na Universidade de Brasília, em 2006.

Figura17: Christus Menezes, Tamanduá *Amiko*



Fonte: <http://chc.cienciahoje.uol.com.br/noticias/tecnologia-e-invencoes/conheca-o-tamandua-robot/>

Alguns artistas desenvolveram performances em que seus corpos atuavam junto com estruturas robóticas, formando um só agente performático. Estas obras também podem ser classificadas como ciborgues. O artista Stelarc, em sua obra *Exoskeleton* (1986, vide Fig. 18), produziu uma performance em que o personagem é constituído por um robô pneumático de seis pernas, ligado ao corpo do artista. Os gestos desempenhados por Stelarc geravam respostas de movimentos da máquina, de forma que a coreografia do sistema era gerada por ambos os corpos, da máquina e do artista.

Figura 18: Stelarc, *Exoskeleton*



Fonte: <http://stelarc.org/?catID=20227>

Em comparação ao teatro de bonecos, as performances desempenhadas por ciborgues parecem se relacionar com os bonecos que são constituídos em parte pelo corpo do operador,

como na peça *La Repugnante História* de Clotario Demoníax (2009), do grupo *Tinglado Teatro*, conforme a Fig. 19.

Figura 19: Tinglado Teatro, *La repugnante historia de Clotario Demoníax*



Fonte: <http://www.festivalalsur.com.ar/festival2009>

A configuração do corpo do robô não é apenas uma escolha estética, mas também um fator determinante para o comportamento de cada robô. Até meados dos anos 80 os estudos em inteligência artificial estavam focados no computador como local onde todo o processamento de informações ocorreria, sem necessidade de haver um corpo físico para as máquinas no desenvolvimento desta disciplina. Mais tarde, os pesquisadores entenderam que o processo da inteligência de um organismo não se encerra no cérebro e que a inteligência das máquinas não se encerra no computador. Da mesma forma que ocorre com os humanos, o corpo é a maior interface das máquinas com o ambiente. Desta forma, a constituição do corpo e a sua interação com o ambiente passou a ser encarada como meio de desenvolvimento de comportamento inteligente. A configuração de uma máquina pode definir, por exemplo, a sua forma de locomoção, mesmo em aparelhos analógicos, de forma que um comportamento pode ser obtido por meio de cálculos ininterruptos, ou pode ocorrer em decorrência da interação entre o corpo e o ambiente. Além disso, o mesmo programa computacional gera resultados muito diferentes em corpos constituídos de formas diferentes.



## 4.2. CONFIGURAÇÃO DO AMBIENTE

Os diversos ambientes em que uma performance robótica pode ser apresentada se relacionam com a variedade de espaços nos quais os eventos performáticos podem ocorrer. A mudança na convenção teatral, que deslocou parte dos eventos performáticos para ambientes alternativos ao palco convencional, ocorreu durante o século XX e faz parte do que o autor Hans Ties Lehman chamou de *Teatro Pós-Dramático* (2006). A partir de então os eventos performáticos passaram a ser cada vez mais heterogêneos e a propor experiências cênicas com o tempo, com o corpo do ator, com o espaço cênico, entre outras mudanças. O teatro já explorou o céu, os rios, as feiras e o ciberespaço. Este deslocamento muitas vezes aproximou o espectador da obra e seu comportamento durante os espetáculos se tornou cada vez mais ativo.

Nas performances robóticas, os artistas trabalham com uma variedade de possibilidades espaciais que tem a função de contextualizar o robô e intensificar o sentido da obra. A variedade de espaços performáticos se situa entre três principais tipos de ambientação: o palco convencional, os ambientes controlados de galerias e os espaços alternativos, como as ruas e praças.

Personagens robóticos já atuaram em palcos convencionais, nos quais a platéia fica imóvel e interage pouco com a obra. Por exemplo, os autores Guy Hoffman, Rony Kubat e Cynthia Breazea (2008) produziram uma peça teatral chamada *Talking to Vegetables*, mostrada na Fig. 20, que tinha como parte de seu elenco um robô. Para que o robô pudesse interagir com os outros atores, eles desenvolveram um sistema que permitia que um único operador controlasse sua atuação composta por gestos e sequências pré-programadas. Este sistema de controle é capaz de adaptar as ações robóticas ao ritmo da peça de forma que a reação do robô, em relação aos outros atores, seja consistente durante a apresentação. Este grupo tem como objetivo desenvolver, ainda, um sistema de percepção em que a autoregulagem do robô, ao tempo de cada peça, ocorra automaticamente, de forma a não precisarem de nenhum controlador humano nas futuras apresentações. Em performances robóticas que ocorrem no ambiente teatral convencional, os espectadores dificilmente têm possibilidade de interferir no desenrolar da peça e os robôs interagem principalmente com outros robôs ou atores em cena.

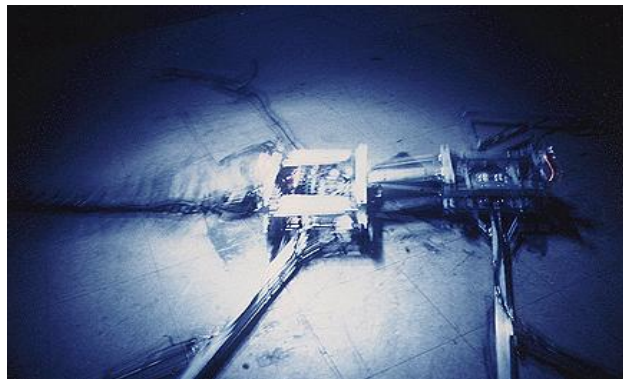
Figura 20: Cynthia Breazea, *Talking to Vegetables*



Fonte: A Hybrid Control System for Puppeteering a Live Robotic Stage Actor

Os robôs também podem estar abrigados em galerias de arte. Instalar o robô em um ambiente fechado e controlado viabiliza o controle dos elementos cênicos como cenário, iluminação e sonorização. Em adição, nestes sítios o espectador pode ocupar o espaço cênico ativamente de forma a imergir na realidade do robô e modificá-la. Um exemplo é a instalação *The Convulsive Machine*, mostrada na Fig. 21, dos artistas Louis-Phillipe Demers e Bill Vorns (1997), na qual as máquinas sofrem espasmos convulsivos que sugerem uma dor violenta e variam de intensidade a partir da aproximação do espectador.

Figura 21: Louis-Phillipe Demers e Bill Vorn, *The Convulsive Machine*



Fonte: <http://billvorn.concordia.ca/robography/CdM/Convulsive.html>

Alguns robôs foram produzidos para moverem-se nos espaços públicos. Nestas performances não são representadas situações ficcionais. A opção de não inserir o robô em um mundo ficcional e sim nos espaços públicos, ocupados por grupos humanos heterogêneos e de passagem, cria uma mudança na percepção da realidade dos espectadores. Neste caso, é criada uma intervenção na realidade, que pode, por exemplo, gerar questões sobre as implicações sociais da relação humano/máquina, cada vez mais presente em várias esferas da

sociedade. Este tipo de obra tende a ser mais complexa do ponto de vista técnico, pois o ambiente muda de configuração a cada momento e muitas situações devem ser previstas e controladas para não haver acidentes. *Petit Mal*, de Simon Penny, mostrado na Fig. 22 é um exemplo de robô não antropomórfico que foi programado para passear pelas ruas. Ele foi realizado de forma que é capaz de perceber o espaço e reagir à presença das pessoas. Esta obra foi idealizada em 1989 e produzida em 1993.

Figura 22: Simon Penny, *Petit Mal*



Fonte: <http://www.ace.uci.edu/index.php?/research/C167/>

#### 4.3. CONFIGURAÇÃO DO COMPORTAMENTO

O comportamento dos robôs pode ocorrer de tal maneira que eles são percebidos como agentes de ações intencionais. Por outro lado, eles podem desempenhar ações mecânicas, e não se comportarem como seres animados. Quando o comportamento dos robôs ocorre de forma maquinal, como os movimentos automáticos de robôs industriais, que são unicamente funcionais, é o deslocamento de sua funcionalidade para outros contextos que torna seu comportamento performático. Quando os movimentos dos robôs são animados, eles parecem estar sujeitos aos estímulos externos e internos, sendo que os estímulos internos são aqueles que são percebidos como intencionalidade, disposição de espírito, instinto etc. Em muitas performances robóticas, os robôs parecem ser capazes de sofrer ambos os estímulos e se comportam como seres animados. No entanto, seus aspectos funcionais ainda podem ser manifestados de forma que estas características coexistem em muitas obras e evidenciam o aspecto chamado por Demers (2008) de *Multiple Ontologies Disorder*.

Atualmente existe um grande número de estudos tecnológicos e sociais sobre a relação entre humanos e robôs. Alguns pesquisadores, como Cyntia Breazeal e Gray Hoffman, investigam quais características expressivas tornam o comportamento das máquinas mais comunicativo aos seres humanos. Como a comunicação humana se dá em maior parte pelos sentidos da visão e da audição, os recursos expressivos mais aprimorados nos robôs são os movimentos e os sinais sonoros, como a fala. Em robôs humanóides, a postura corporal e as expressões faciais são muito utilizadas como recursos expressivos e comunicativos.

#### **4.3.1. Movimento**

Arnheim (2011) afirmou que a amplitude do movimento em performances artísticas pode variar muito. Por exemplo, o movimento da bailarina costuma ser mais amplo do que o da atriz, pois esta última normalmente também faz uso da oralidade para a comunicação com os espectadores. Além disso, no cinema e na televisão os gestos são mais contidos do que no teatro, devido às possibilidades de *close-ups* que proporcionam a visualização das expressões faciais dos atores. Nas performances robóticas, o tipo de ambiente em que o robô é exposto e a quantidade de outros recursos que serão combinados com o movimento determinam a amplitude dos movimentos necessária para a compreensão da obra.

Demers (2010) comentou que o movimento da máquina pode ser percebido de tal maneira que até um robô de forma geométrica pode parecer orgânico, fluido e mesmo antropomórfico, apenas por meio de movimento e contextualização. Quando o comportamento dos robôs tem a função de ser aparentemente intencional e animado, os princípios da Gestalt e as técnicas de animação podem ser aplicados aos seus movimentos.

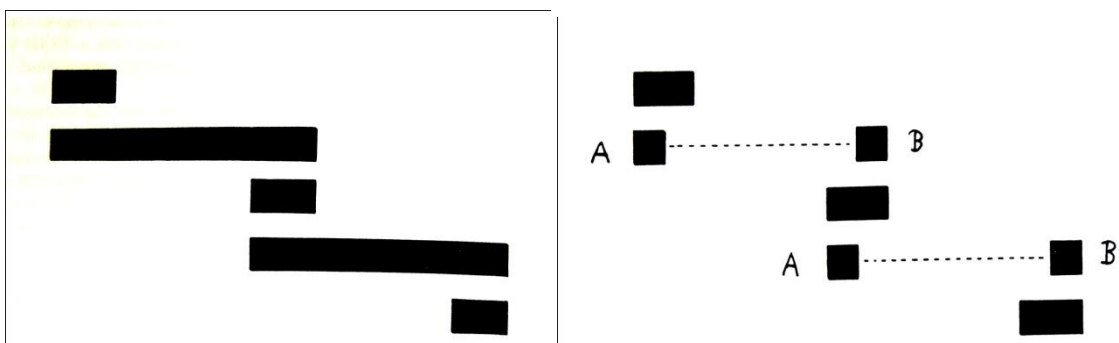
#### **4.3.2. Gestalt do movimento**

Os psicólogos da *Gestalt* estudam o fenômeno da percepção e, entre os campos de estudo da *Gestalt*, está a teoria do movimento. As experiências desta escola são muito caras ao estudo da animação, pois pretendem descobrir os fenômenos que geram o efeito da animação apenas a partir do movimento de figuras, sem adição de elementos simbólicos. Em diversas experiências realizadas por Michotte e citadas por Arnheim (2011), amostras de pessoas assistiram a sequências de movimentos realizados apenas por figuras geométricas. A

partir das respostas das pessoas, quando questionadas sobre o que assistiram, ele chegou aos seguintes resultados:

- 1- O movimento com velocidade constante não produz efeito de animação;
- 2- Se o objeto está em repouso e depois passa a ter movimento sem que nenhuma fonte de energia externa seja percebida, ele é percebido como animado, portador de sua própria energia motora;
- 3- O contato de dois objetos pode aparentar troca de energia entre eles. Mas, neste caso, o contexto também pode ter influência sobre esta percepção. Por exemplo, se um objeto se move em zigue-zague durante um tempo e, então, um segundo objeto se aproxima, no mesmo momento que o primeiro parte, o observador não entenderá que a chegada do segundo causou a saída do primeiro, pois seu deslocamento já era esperado;
- 4- Se um objeto que se encontra parado começar a se movimentar, ele pode gerar um efeito de animação, mas este efeito será ainda mais forte se a movimentação não ocorrer no objeto inteiro simultaneamente;
- 5- Se uma parte do objeto iniciar o movimento e transmiti-lo para o resto do corpo, da mesma forma como se movem as minhocas, ele aparenta flexibilidade. Ao contrário, se o objeto, ao começar o movimento, se partir em duas partes e a primeira parte dele se movimentar até se estabilizar e, então, a outra parte for se juntar à primeira, o movimento parecerá mais mecânico do que o exemplo anterior (vide Fig. 23 e 24);
- 6- Quanto mais o movimento parecer ter sido gerado por metas internas, maior a percepção de animação do objeto.

Figuras 23 e 24: Exemplos do item 5



Fonte: Arte e Percepção Visual (2011), pág. 390 e 391

Outro estudo conduzido pela *Gestalt* foi sobre o fenômeno da velocidade do movimento Ahaim (2011). É evidente que, para o movimento ser perceptível, ele deve estar dentro de um limite de velocidades, pois, se for muito lento, ele se tornará imperceptível; e se for muito rápido, ele pode não passar de uma vibração no ar. A velocidade na qual um objeto se movimenta também é capaz de informar dados como tamanho e peso. Quanto maior o personagem, mais pesado ele aparenta ser e mais lentos são seus movimentos e vice-versa. Além disso, a velocidade também pode sugerir o gênero da cena. Os movimentos muito acelerados costumam ser engraçados. Já os movimentos em câmera lenta são considerados mais difíceis de lidar, pois pedem ênfase na expressividade e muitas vezes precisam de um ritmo muito ajustado, com ondulações e outros ajustes finos<sup>7</sup>. A velocidade dos movimentos que expressam os humores de preguiça, depressão e culpa, tende a ser mais lenta e os que expressam as emoções mais alegres tendem a ser mais dinâmicos.

#### 4.3.3. Princípios da animação cinematográfica e do teatro de bonecos

A animação cinematográfica trabalha com o padrão de 16 a 24 quadros fotográficos por segundo para que o movimento seja percebido pelo olho humano como movimento contínuo. Para gerar a expressividade do movimento, o animador deve escolher cuidadosamente quantos *frames* serão necessários entre a posição inicial e a posição final de cada ação e quais posições devem ocupar os *frames* intermediários. Em performances robóticas, o artista tem a opção de modular a movimentação dos robôs de forma semelhante. Os servomotores, que são um tipo de motor elétrico, possibilitam que os efetadores se movam em sequências de posições escolhidas e não apenas com giro contínuo. A programação do movimento pode ser controlada de maneira que o artista não apenas escolhe a posição inicial e final dos efetadores, mas também pode determinar com relativa precisão quais posições intermediárias ela vai percorrer em determinado tempo, com aceleração variada. Esta característica torna o movimento das máquinas orgânico e animado.

Para isso, os artistas podem se valer de cinco recursos provenientes da animação cinematográfica: *staging*, *exaggeration*, *secondary action*, *anticipation* e *reaction*. Estes recursos já foram utilizados, por exemplo, por Maja Mataric e Ross Mead (2010), na construção de robôs *socially assistive*. Cada princípio pode ser resumidamente conceituado

---

<sup>7</sup>Na animação cinematográfica, a modulação da velocidade ou o ritmo de um objeto pode mudar inclusive a percepção sobre as características e densidade do meio, como no exemplo apresentado por Arnheim (2011), de um jogo de futebol em câmera lenta, que os jogadores parecem estar se movendo debaixo d'água.

como: (1) *Staging* é o isolamento do gesto. Isto significa limpar a ação de quaisquer sinais que possam ser conflitantes, de forma que a ação se torna o mais clara possível; (2) *Exaggeration* significa a ampliação dos movimentos que identificam a ação, de forma a torná-la mais expressiva, intensificando o significado do movimento. É um exemplo muito usado em animação para aumentar a elasticidade de um corpo, de forma a causar um efeito cômico; (3) *Secondary action*, por sua vez, significa a utilização de sinais redundantes, de forma que a ação se torna ainda mais clara. Por exemplo, uma expressão do olhar ou um gesto das mãos; (4) *Anticipation* é o movimento que indica as intenções do personagem e qual será a sua próxima ação. Este princípio tende a ser usado quando a ação seguinte é muito rápida e é utilizado como artifício para atrair o olhar, de forma a chamar a atenção ao ponto onde ocorrerá a ação. Muitas vezes a ação nem é vista, mas é compreendida como um todo devido a este recurso. Um exemplo comum de *anticipation* em desenhos animados é quando o personagem vai dar um soco e primeiro joga seu braço para trás, como se fosse pegar um impulso; (5) *Reaction* significa que o personagem deve reagir a qualquer ação que tenha sido dirigida a ele por outro personagem. Este recurso gera a percepção de relações de causa e efeito e o personagem parece reagir ao toque ou aproximação de outros seres, principalmente se houver mudança de ritmo ou direção, após o contato com outros objetos. O tempo no qual a reação ocorre também determina características como agilidade física e “agilidade mental” do robô. Por exemplo, se ele demora muito tempo entre perceber algo e se assustar, isto demonstra que ele tem pouca agilidade mental. A sequência sugerida pelos animadores é a seguinte: 1º) o personagem olha algo; 2º) o personagem percebe (*anticipation*, como, por exemplo, um susto); 3º) o personagem reage expressivamente; 4º) ele volta ao repouso. O movimento deve ser utilizado de forma a otimizar a percepção sobre a personalidade do personagem.

A estes recursos pode ser acrescentado o princípio do impulso, proveniente do teatro de bonecos. O impulso é o ponto de partida do movimento e pode vir do próprio objeto ou de algo externo a ele. Pode acontecer em diversas intensidades, dependendo da relação que se pretende estabelecer com os objetos em cena. Cada série de movimentos a ser realizada por um boneco deve ser antecedida por um impulso, que também serve para definir claramente as ações que são desempenhadas pelo personagem. Em uma determinada sequência de movimentos, que geram a ação pretendida, também deve-se levar em conta a ordem na qual as partes do personagem se movem, uma em relação à outra, e também a ordem na qual elas entram em repouso. Ex: olho, depois pescoço e finalmente boca.

#### 4.3.4. Sonorização

Quando o som é produzido (ou assim entendido) pelo robô, ele pode ocorrer por meio de sinais linguísticos e paralinguísticos. Os sinais linguísticos são as palavras que, segundo Lichte (1992), constituem o sistema de comunicação culturalmente mais comum, versátil e complexo. Como ocorre em diversas obras performáticas, os sinais linguísticos podem revelar muitas informações sobre a configuração comportamental e outras características do robô, tais como gênero, idade, personalidade e estado emocional. Os sinais paralinguísticos são caracterizados pelo tom, intensidade, articulação e ritmo dos sons vocais.

Os sons paralinguísticos podem ser muito eficientes na expressão do robô. Eles podem ser usados junto com os sons linguísticos para intensificar seu significado ou isoladamente, com significados próprios. Os sinais paralinguísticos podem gerar diversas interpretações para um mesmo sinal linguístico, como uma frase qualquer. Dependendo da forma com que a frase for falada, ela pode ser interpretada como uma afirmação, uma pergunta, uma ordem, uma ironia etc. O robô também pode pronunciar a mesma frase de forma a expressar tristeza, alegria, medo, indiferença etc. Os sinais paralinguísticos que não acompanham os sinais linguísticos são o grito, choro, risada, entre outros, e expressam estados emocionais particulares.

Na obra *Instrument* (Fig. 25) do grupo RobotLab, um robô industrial produz música a partir de seus movimentos. Os sons são gerados pelos barulhos dos motores e juntas produzidos naturalmente pelo movimento da máquina.

Figura 25: Robotlab, *Instrument* 2005



Fonte: [http://www.robotlab.de/instru/pics\\_engl.htm](http://www.robotlab.de/instru/pics_engl.htm)



A sonorização da obra também pode ocorrer no ambiente como meio de informar sobre o espaço ficcional em que o robô se encontra. Por exemplo, uma metrópole pode ser identificada pelo barulho de carros, vozes, latidos. Por meio da música, podem ser identificadas situações sociais, como um velório ou uma festa.

A possibilidade de interação entre o robô e os espectadores, por meio do diálogo, tem sido desenvolvida por muitos artistas, com graus de perfeição cada vez maiores, e é muito comum em robôs humanóides. Os autores Cynthia Breazeal, Andrew Brooks, Jesse Gray, Matt Hancher, John McBean, (2010) explicam que o maior desafio é o desenvolvimento da percepção e interpretação da fala. A obra *Head*, 1999-2000 (Fig. 26) do artista Ken Feingold, é um exemplo de personagem robótico falante. *Head* consiste em uma cabeça de modelagem realista que fica posicionada sobre uma mesa. Para possibilitar o diálogo, foi utilizado um programa para simulação de diálogos que processa as respostas dos usuários por meio de scripts.

Figura 26: Ken Feingold, *Head*



Fonte: [http://www.kenfeingold.com/catalog\\_html/](http://www.kenfeingold.com/catalog_html/)

Algumas vezes os sinais linguísticos não são orais, mas escritos. Este é o caso da obra *Fish-Bird* (vide Fig. 27) criada pela artista Mari Velonaki e pelos engenheiros David Rye, Steve Scheduling e Stefan Williams, 2003-2007. Nesta obra, os robôs possuem formatos de cadeiras de rodas e se comunicam entre si e com a audiência por meio de movimentos e textos escritos. As cadeiras trocam bilhetes de amor e sobre a impossibilidade de ficarem juntas. Os artistas esclarecem que obras com mais de um robô representam um grau maior de dificuldade de controle e toda a concepção da cena tende a se tornar mais complexa.

Figura 27: Mari Velonaki, *Fish Bird*

Fonte: <http://secondnature.rmit.edu.au/index.php/2ndnature/article/viewArticle/117/61>

#### 4.3.5. Tipo de Sequência

O comportamento dos robôs pode ocorrer com sequências diversas. Eles podem, por exemplo, ocorrer em atos e cenas, como ocorre no drama e, inclusive, possuir estrutura Shakesperiana, com exposição, conflito, catástrofe. Este tipo de progressão pode ser mais esperado quando a obra ocorre em ambientes de teatro tradicional, como o palco. Neste caso, o espectador precisa saber quais foram as ações anteriores do robô, que atua como um personagem convencional, para a compreensão da obra. As performances robóticas também podem apresentar sequências de ações aleatórias e sem progressão, nas quais o acontecimento não passa de uma sucessão de ações não-previsíveis. Nestes casos, não é mais necessário que o espectador lembre-se da ação anterior, e ele pode começar a assistir a performance em qualquer ponto, sem prejuízo de compreensão da obra.

A sequência de ações também pode ocorrer em forma de ciclos. Nestes casos, o artista deve cuidar para que a audiência não perceba a repetição dos movimentos, utilizando sequências suficientemente longas para a cena. Quando o ciclo de movimentos for ocorrer por um período longo ou durante todo o tempo de exposição da obra, o artista pode acrescentar quebras na sequência para gerar maior variação. No entanto, quando o ciclo de movimentos for utilizado para representar movimentos naturalmente repetitivos ou ondulatórios, como a respiração ou a declamação de um mantra, a sequência pode ser curta sem causar prejuízo para a cena. O uso cuidadoso dos ciclos pode ser decisivo para o sucesso da obra. Tilis (1992) comentou sobre uma situação comumente vivenciada em parques de diversão, como a Disney, nos quais as atrações dos personagens automatizados não cativam a audiência por muito tempo, pois os movimentos ou sons repetidos em *looping* tendem a ser pobres e mecânicos.

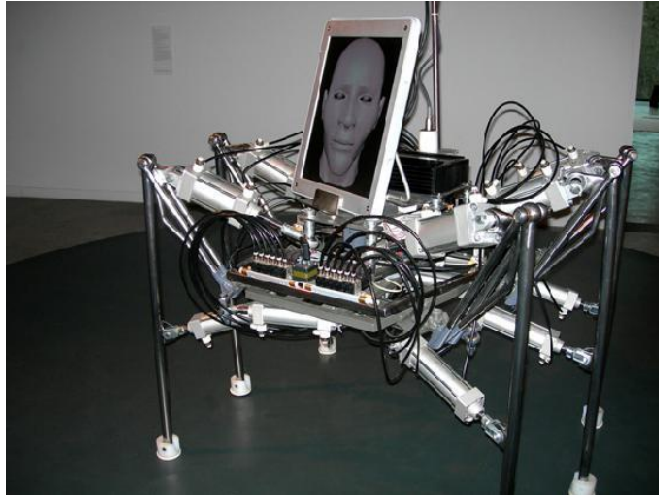
No entanto, se o artista usar o ciclo de maneira adequada, a audiência não perceberá que está assistindo a ações repetidas.

Assim como ocorre no teatro e na *performance art*, a performance robótica só pode ser observada pelo espectador simultaneamente à sua ocorrência. Esta característica proporciona a possibilidade de interatividade entre o robô e a audiência, que é uma maneira mais eficiente de gerar a percepção de criatura viva nos robôs. Como os robôs possuem sistemas de percepção do ambiente, podem ser capazes de identificar a presença do espectador ou de outra entidade mecânica e apresentar reações à presença do público. Fiammetta Ghedini e Massimo Bergamasco (2010) explicam que, em uma obra de arte interativa, o objeto é apenas um dos elementos que constituem a obra. Neste caso, o robô coexiste com o espectador, que ocupa um papel importante ao estabelecer relações com o sistema exposto e participar ativamente da obra, de forma que, dependendo da maneira que agir, ele terá acesso às possibilidades e respostas diferentes do robô.

Normalmente a interatividade dos robôs não ocorre de maneira determinística e as suas ações não podem ser controladas pelos interatores, pois eles não têm como prever a relação entre estímulo e resposta do sistema. Isto ocorre porque, se a audiência tiver controle sobre a atuação do robô e suas ações se tornarem previsíveis, a obra pode perder parte de sua expressividade. Portanto, normalmente as performances robóticas interativas não ocorrem com *script* fechado e, sim, com uma série de ações pré-definidas que são ativadas a partir da relação estabelecida com o espectador. Entre determinado número de ações disponíveis ao robô, a ação desempenhada pode ser escolhida por fatores probabilísticos ou aleatórios.

A interatividade esteve presente nas primeiras obras de arte robótica, como na obra *Robot K-456* (1964), de Nam June Paik, e principalmente em *The Senster* (1969-1970), de Edward Ihnatowicz. Outro exemplo de obra com robô interativo é *Walking Head*, de Stelarc (2006, vide Fig. 28), que possui sensores e, quando detecta a presença de pessoas, apresenta uma de suas coreografias programadas.

Figura 28: Stelarc, *Walking Head*



Fonte: <http://stelarc.org/?catID=20244>

O trabalho teórico apresentado nesta primeira parte da dissertação foi desenvolvido junto à produção da obra de performance robótica denominada *Cacotecnia*. A produção da obra foi uma oportunidade de experimentar e compor artisticamente com os elementos composicionais das performances robóticas que foram citados acima. A idealização, o gerenciamento e a produção da obra *Cacotecnia* serão detalhados no capítulo a seguir.

## PARTE II: PRODUÇÃO DA PERFORMANCE ROBÓTICA

### 5. EXPOSIÇÃO CACOTECNIA

*Cacotecnia:*

s. f. || falta de arte. F. gr. Kakos (mau)+tekhne (arte)+ia.  
Dicionário Aulete

Ao entrar na galeria, o espectador se depara com uma grande caixa de madeira ornamentada. Na parede central há uma Figura com uma dica do que se encontra em seu interior, com o perfil de uma cabeça sobre uma estrutura mecânica que alude às vértebras e olhos humanos. A caixa oferece duas entradas laterais, que levam o espectador para o interior da caixa. Lá dentro, o ambiente é mais escuro e intimista, forrado com carpete azul escuro, onde o espectador ouve uma música metálica, típicas de caixas de música, mas com a melodia pouco harmoniosa e com notas arrastadas e distorcidas. As Fig. 29, 30 e 31 mostram o ambiente externo da exposição.

Figuras 29, 30 e 31: Ambiente Caixa



Fotografias de Julia Ghorayeb

No interior da caixa, sobre um palco com fundo ornamentado e debaixo de uma luz focal, encontra-se Caco, uma bailarina robótica. Ao contrario das bailarinas tradicionais das ornamentadas caixas de músicas, que apresentam uma rotina de movimentos tecnicamente precisos e delicados, Caco possui comportamento disfuncional, que se resume a alguns conteúdos fisiológicos e emocionais ordinários, como sono e medo. Além disso, o desempenho de Caco é imperfeito do ponto de vista técnico. Ele executa um repertório de movimentos imprecisos e barulhentos, de forma que seu caráter maquinial é bastante evidenciado. Seu comportamento não representa as melhores qualidades humanas, tão pouco as melhores qualidades maquinais. A bailarina dorme em grande parte do tempo e, com sua falta de desenvoltura, fica tímida perante a audiência. As Fig. 32, 33 e 34 mostram o robô no interior do ambiente.

Figuras 32, 33 e 34: Visão da entrada, Robô Caco, Caixa de motores



Fotografias de Julia Ghorayeb (32), Mariana Costa (33) e Julia Ghorayeb (34)

A produção da obra *Cacotecnia* foi a investigação prática da pesquisa e contribuiu para o estudo e definição dos elementos composicionais das performances robóticas citados na Parte I: a configuração do ambiente, do corpo e do comportamento do robô. O objetivo principal da obra foi convencer o espectador de que o robô Caco possui vida, embora ele evidentemente seja uma máquina. Para isso foi preciso criar nos espectadores o processo de *suspension of disbelief*, com a suspensão de seus julgamentos sobre as limitações do robô em aparentar e se comportar como um humano, e a disponibilidade em aceitar a premissa da vida do robô, conforme explicado no capítulo três.

Durante 90% do tempo da exposição a autora da pesquisa observou o público pelo computador (escondida) e conversou com os visitantes. A observação e os relatos dos espectadores mostraram que a obra gerou os impactos esperados pela proposta. Foi avaliado que a maior parte das pessoas passou pelo processo de *suspension of disbelief* e aceitaram a premissa de que o robô estava vivo e sujeito a reações emocionais em relação aos espectadores. Esta disposição da audiência foi mais bem sucedida entre o público infantil, que foi o mais cativado pelo comportamento do robô. A maioria das crianças se envolveu profundamente com a interatividade da obra e, por meio da atividade lúdica, adquiriram familiaridade com o robô. As crianças passavam mais tempo dentro do ambiente e tentavam se comunicar com o robô, principalmente por meio da fala; embora o robô não fosse capaz de conversar, elas se sentiam respondidas ou tentavam acordá-lo para que houvesse mais comunicação com o robô dorminhoco. Mesmo entre os adultos mais “racionais”, que sabiam que a interatividade do robô era um “truque”, houveram olhares de desconfiança divertida para o robô. Depois de visitarem a “casa de máquinas”, onde o computador e a câmera de vídeo estavam escondidos, as pessoas não mudavam sua postura frente ao robô.

O livro de registro da exposição foi assinado por 374 visitantes. A mídia foi atraída pelo robô humanóide, de forma que foram realizadas cinco entrevistas de televisão e duas entrevistas para jornais locais. Foram elas: UnB TV (16/01/2013), Repórter Brasil (16/01/2013), Bom Dia DF (18/01/2013), Jornal da Globo (17/01/2013), CNT Jornal

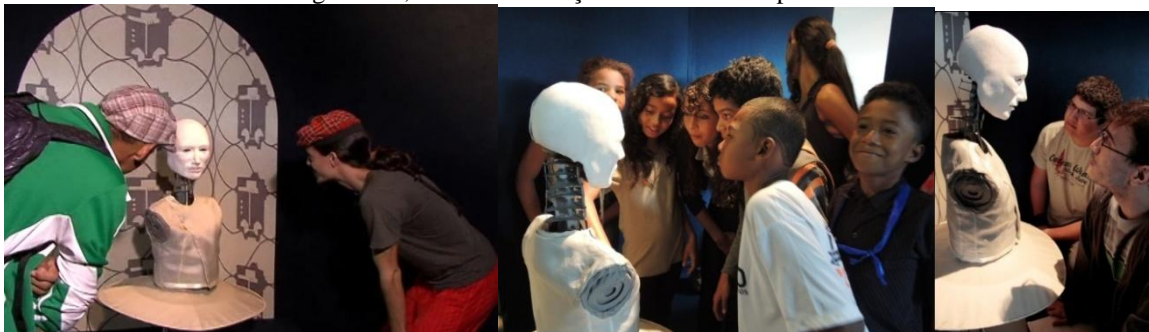
(23/01/2013), *Jornal Metro* (16/01/2013) e *Correio Brasiliense* (19/01/2013). Os entrevistados deram os seguintes depoimentos:

- Vitor, estudante: “É uma pessoa, que faz tudo que uma pessoa também faz. Ele respira, ele tem reflexos...” (*Bom dia DF*);
- Luciana Barcellos, Antropóloga: “na hora que dorme eu acho que é a hora que marca, para você até saber que tudo tem tempo” (*Jornal da Globo*);
- Clayton Zandolreñci, 61 anos: “fiquei muito impressionado” (*Correio Brasiliense*);
- Maria Eduarda Leão, 10 anos: “achei o máximo, parece mesmo uma bailarina” (*Correio Brasiliense*).

Além disso, pelo menos metade dos visitantes comentaram que acharam a obra sinistra e assustadora e acharam desconfortável estar lá dentro. Neste caso as características maquinais e humanóides do robô o posicionaram entre o vivo e o sem vida, em uma posição desconfortável próxima ao *Uncanny Valley* descrito por Mori (2012). As Fig. 35, 36 e 37 mostram a interação de caco com o público.

- Estudante de Artes Cênicas: “Eu acho que ele não foi muito com a minha cara. Eu cheguei aqui e ele já baixou a cabeça”. (*Jornal da Globo*);
- Fernanda Carvalho, estudante: “Fiquei um pouco com medo. É muito penetrante o olhar, então me deu um pouco de medo” (*Jornal da Globo*);
- “Café”, estudante: “é um choque” (*jornal CNT*);

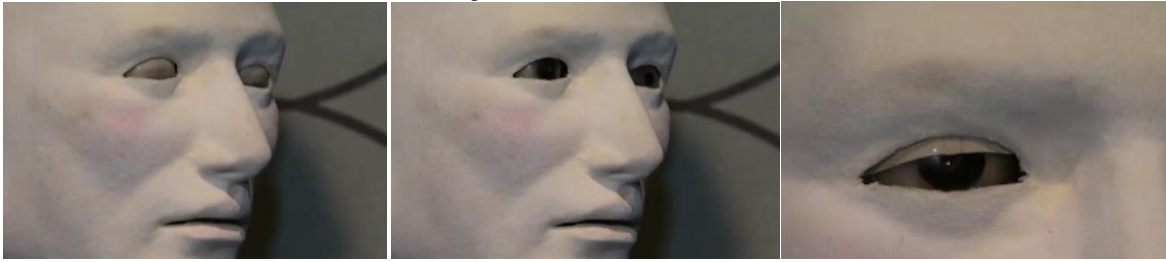
Figuras 35, 36 e 37: Interação do robô com o público



Frame da entrevista gravada pela CNT, Julia Ghorayeb e Ricardo Marques

A exposição atendeu as expectativas e o projeto foi concluído com sucesso. A configuração de comportamento completou e se contrapôs simultaneamente à configuração do corpo e do ambiente: a obra foi considerada em parte disfuncional e estranha, em parte familiar e fascinante. As Fig. 38, 39 e 40 mostram detalhes da face do robô.

Figuras 38, 39, 40: Detalhes do robô



Frames da entrevista gravada pela TV Brasil



## 6. ORGANIZAÇÃO DO PROJETO

O gerenciamento e definição dos recursos humanos e materiais para a execução do projeto foram previstos a partir do prazo de dois anos para finalização, duração da pesquisa de mestrado. A elaboração e execução do robô foram baseadas nas diretrizes de gestão de projetos do PMI (*Project Management Institute*) e contou com o suporte institucional da Universidade de Brasília. Devido às especificações interdisciplinares do projeto, a produção da obra necessitou da formação e gerenciamento de duas equipes, uma técnica e outra artística. Por este motivo, o projeto foi realizado em parceria com pesquisadores das áreas de Arte, Arquitetura, Ciência da Computação e Engenharia, com a constituição de um grupo interdisciplinar de estudantes e apoiado por uma metodologia de aprendizagem.

O processo criativo se iniciou da aspiração em animar esculturas e foi se estruturando a partir dos diálogos com os membros da equipe e da produção de desenhos e maquetes como forma de concretização das ideias. O projeto artístico foi realizado com auxílio das cenógrafas Julia Gonzales e Sonia Paiva; os arquitetos e designers Raquel Roland, Nikolas Spur e Rafael Innecco; e o Designer de Som Disrael Camargo e do Produtor Alessandro Correa. Esta equipe trabalhou em ateliês e escritórios particulares, como os ateliês *Par de Ju*, *Parque de Produções* e os escritórios *Raffael Innecco Arquitetura e Design* e *NSRR Arquitetos*.

O projeto tecnológico foi realizado no ambiente acadêmico, com membros das áreas de Visão Computacional, do curso de Ciência da Computação; e Mecânica e Projeto de Máquinas, do curso de Engenharia Mecânica. Esta etapa contou com a coordenação da prof. Dr. Dianne Viana e dos estudantes André Luiz Gonçalves, Felipe de Oliveira, Filipe Tavares, João Gabriel Gomes, Lucas de Levy, Luís Felipe Ferrari, Paulo Henrique M. de Oliveira, Máira Barros, Murilo Angelini e Nathan de Souza na execução mecânica. O desenvolvimento da visão computacional contou com a colaboração do Prof. Dr. Flavio Vidal e dos estudantes Gabriel Gaspar e Igor de Sant'Ana; e a etapa de mecatrônica contou com a assessoria do Prof. Me. Jones Yudi. O projeto tecnológico foi desenvolvido na Faculdade de Tecnologia, em uma sala do departamento de Engenharia Mecânica para desenvolvimento de protótipos, equipada com computador, mesas e ferramentas. Também nesta sala foram realizadas as reuniões e a montagem das partes mecânicas, conforme mostra a Fig. 41. Para a construção das partes mecânicas mais complexas os estudantes também tiveram acesso à oficina do SG9 da Engenharia Mecânica.

Figura 41: Sala de reunião da equipe

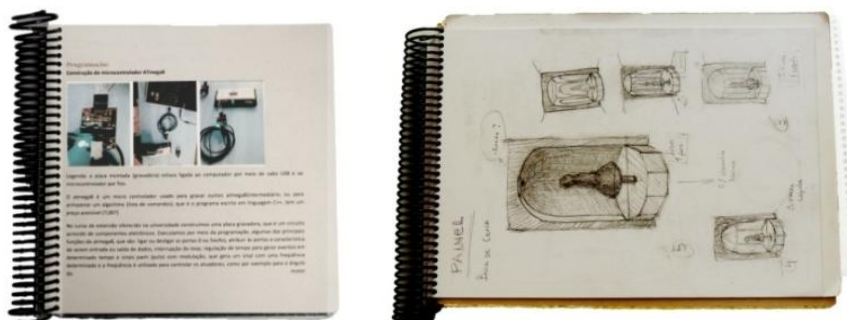


Fonte: Frame da entrevista gravada pela Rede Globo

O trabalho das duas equipes ocorreu de forma paralela e interdependente. Após a produção dos elementos técnicos e artísticos, foram feitos os testes de funcionamento integrado dos sistemas mecânico e computacional no contexto do ambiente artístico.

O acompanhamento do trabalho foi realizado com auxílio de cadernos que continham as principais ideias e a visualização global do projeto, por meio de desenhos, descrições dos procedimentos e organogramas das tarefas, como mostram as Fig. 42 e 43. Outros documentos gerados durante o projeto foram o Plano de Projeto e o Termo de Concordância, atualizado a cada semestre, e os Relatórios Técnicos. O Termo de Concordância continha os acordos das equipes sobre as datas das reuniões, os meios de comunicação utilizados, o responsável pelo cumprimento de cada tarefa e outras questões relevantes para a organização interna do grupo.

Figuras 42 e 43: Cadernos de acompanhamento do projeto



Os recursos financeiros para a execução do projeto foram obtidos por meio de editais internos e externos à Universidade de Brasília. Os recursos da CAPES de Demanda Social e o edital do Decanato de Graduação, DEG 07/2011 possibilitaram bolsas de pós-graduação para a estudante de mestrado autora da proposta deste trabalho para 2011 e 2012, respectivamente; o edital DEG 09/2011, de apoio a projetos de avaliação e melhoria da qualidade do ensino de

graduação na UnB, concedeu recursos para a compra de componentes eletrônicos; o edital PIBEX 03/2012 do DEX (Decanato de Extensão) concedeu bolsas para quatro dos seis estudantes; e o edital FAC/DF (Fundo de Apoio à Cultura) concedeu recursos financeiros para a produção artística, com contratação de profissionais e aquisição de materiais.

O trabalho das duas equipes ocorreu em quatro fases: *Definição*, *Planejamento*, *Execução* e *Finalização*, conforme mostrado ilustrativamente no Gráfico 2. Na fase *Definição* foram especificados os requisitos materiais, humanos e orçamentários de cada subprojeto; na fase *Planejamento* foram realizados os cronogramas e orçamentos, além da formação das equipes artística e tecnológica, com a realização dos primeiros desenhos; na fase *Execução*, as equipes projetaram e produziram os produtos e a finalização do projeto incluiu a montagem, manutenção e desmontagem da *Exposição*, conforme a Fig. 44, que mostra a estrutura analítica do projeto.

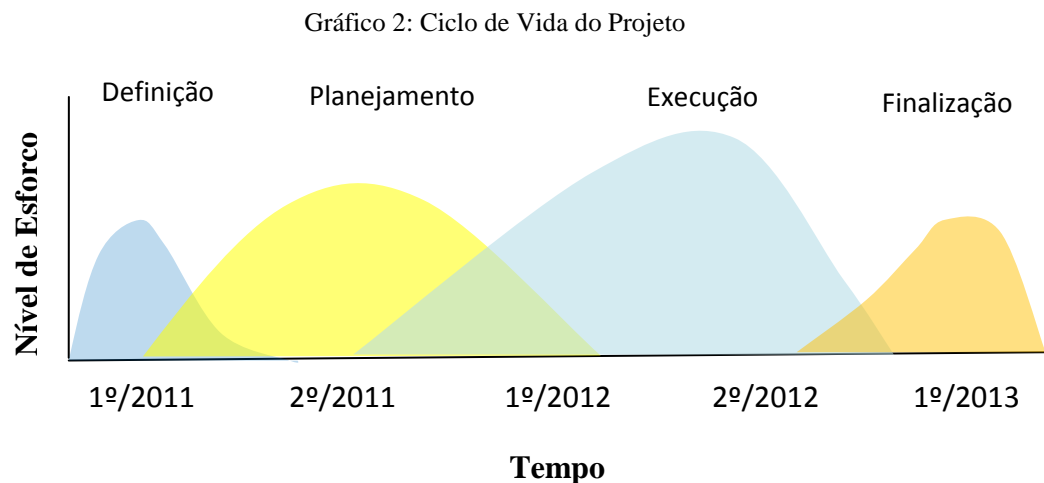
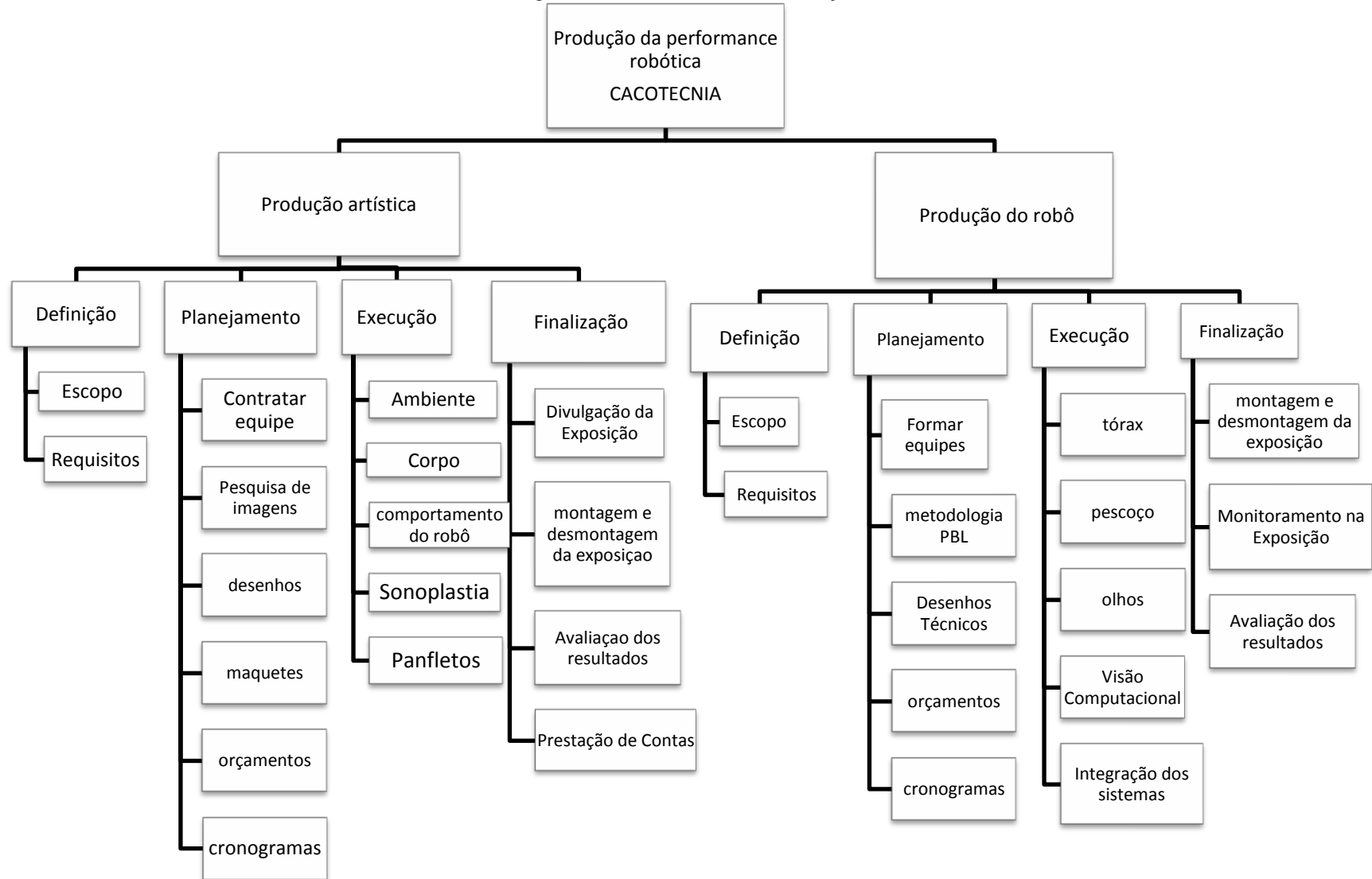


Figura 44: Estrutura Analítica do Projeto



## 6.1. METODOLOGIA DE PBL

Como a produção tecnológica do robô foi realizada em ambiente acadêmico, com estudantes de graduação da Faculdade de Tecnologia, esta fase do projeto foi apoiada por uma metodologia de aprendizagem orientada por projeto. A metodologia possibilitou a estes estudantes adquirirem competências técnicas e não-técnicas relacionadas ao projeto, no seu processo de desenvolvimento.

Nesse sentido, a abordagem utilizada no presente trabalho foi fundamentada nos trabalhos de Powell e Weenk (2003) acerca de uma metodologia de ensino-aprendizagem ativa e colaborativa, baseada no estudante e no seu desempenho. Esta metodologia se concentra no desenvolvimento de competências de ordem técnica e diferencia-se de outras abordagens por criar, simultaneamente, competências transversais, tais como trabalho em equipe, disciplina, espírito crítico e iniciativa, e relaciona conteúdos interdisciplinares de forma integrada (Powell e Weenk, 2003).

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); e 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 metodologia de ensino-aprendizagem PBL na Faculdade de Tecnologia tem sido baseada em um conjunto de atividades de síntese e integração de conteúdos disciplinares diferentes. Por meio desta metodologia de trabalho em equipe, o estudante tem a oportunidade de contextualizar conhecimentos adquiridos em disciplinas teóricas e incluir aspectos sociais, econômicos e ambientais, na criação dos projetos. É também uma forma de simular situações que são vivenciadas em futuros ambientes de trabalho. As metodologias baseadas em projetos são complementares à formação dos estudantes, pois geram habilidades e competências usualmente pouco frequentes em disciplinas da grade curricular. (Vianna *et al*, 2011)

Uma forma de aplicação da metodologia é feita a partir de um projeto integrador, por meio das disciplinas Projeto Integrador 1 e 2; a base de conhecimentos para este projeto é propiciada por um grupo de “disciplinas-base” a serem escolhidas conforme o tema do projeto. Os professores das disciplinas-base participam na orientação, supervisão e avaliação

das atividades, sendo que um deles atua como coordenador-geral do projeto. Os coordenadores do projeto são responsáveis pelo gerenciamento do tempo e pelos recursos materiais, enquanto os alunos participam como idealizadores e executores do projeto. Os resultados do projeto devem contribuir de alguma forma para a aprendizagem no escopo de cada uma das disciplinas de graduação envolvidas.

A primeira equipe do projeto, de 5 membros, foi formalizada no escopo da disciplina Projeto Integrador 1, da grade curricular da Engenharia Mecânica, e passou a ter 7 membros na disciplina Projeto Integrador 2, abrangendo os dois semestres letivos de 2011. A disciplina Projeto Integrador 1 não é pré-requisito para a disciplina Projeto Integrador 2, de forma que novos participantes puderam ingressar no projeto em andamento.

Na disciplina Projeto Integrador 1 foi desenvolvida a 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 do robô 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. Foram especificadas as funções humanas a serem representadas pela máquina, os membros móveis e não-móveis, a estrutura, o projeto preliminar com a definição e dimensionamento dos elementos básicos que iriam constituí-lo (cabeça, olhos, pescoço, peitoral) e os movimentos associados a estes elementos (movimento de olhos, pescoço e respiração).

A disciplina Projeto Integrador 2 manteve a mesma metodologia aplicada na disciplina Projeto Integrador 1, no entanto com foco diferente. Na disciplina Projeto Integrador 2 foi desenvolvida a etapa de detalhamento do projeto, realizada a partir das soluções propostas pelos alunos do primeiro semestre.

Após os dois semestres letivos envolvendo as disciplinas de graduação, o projeto passou a ser vinculado somente a um projeto formal de extensão para realização das etapas, o detalhamento da execução e a construção e testes do robô. O projeto de extensão possibilitou a concessão de créditos aos estudantes participantes, assim como a participação em editais internos da UnB para obtenção de recursos financeiros.

No terceiro semestre do projeto algumas soluções propostas foram revistas e, com base na avaliação da equipe, 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. As Fig. 45, 46 e 47 mostram os cartazes de divulgação do projeto.

Figuras 45, 46 e 47: Cartazes para divulgação do projeto nos três primeiros semestres



Foram realizados três encontros, denominados Pontos de Controle, ao longo dos semestres, com intervalos de aproximadamente um mês entre eles a partir do final do primeiro mês de atividade, nos quais uma banca de professores e tutor avaliava os resultados. Com a identificação dos problemas enfrentados pela equipe, procurou-se auxiliar os estudantes com medidas de correção, sem, no entanto, dar soluções para o projeto. Os resultados das atividades previstas foram apresentados em forma de relatórios parciais e final.

O acompanhamento e a avaliação da aprendizagem e dos resultados técnicos foram realizados pela equipe de professores ao longo do processo de desenvolvimento do projeto, com auxílio de formulários elaborados para este fim, de relatórios individuais de atividades e relatórios técnicos detalhados. Também foram aplicados aos estudantes dois formulários de avaliação, contemplando avaliação da equipe e autoavaliação, nos quais os estudantes não precisavam se identificar. Cada formulário possuía uma questão aberta, na qual se solicitava descrever os pontos fortes e fracos do projeto. Desta forma, foi possível identificar os maiores problemas que o grupo enfrentava e propor soluções para que o desempenho do grupo melhorasse.

A partir das dificuldades detectadas nos pontos de controle, os coordenadores da equipe forneceram *feedbacks* em relação às soluções técnicas dos alunos e organizaram uma apresentação por profissional com experiência na área de gestão para auxiliar nos procedimentos a serem adotados, para um melhor gerenciamento do projeto.

Os resultados relativos ao desempenho da equipe em relação às habilidades transversais foram observados no grupo como um todo e nos estudantes individualmente,

tendo em vista o mérito técnico da solução apresentada. Na Tabela 2 é mostrado o desenvolvimento das atividades no período de desenvolvimento, execução e finalização do projeto.

Tabela 2: cronograma PBL

Meta	Descrição	Início	Término
Definição do escopo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definição das disciplinas base;</li> <li>Abertura de vagas para os estudantes de cada disciplina.</li> </ul>	<i>Na primeira semana de cada semestre</i>	
Projeto Integrador 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apresentação do projeto por meio de cartazes e palestras na universidade;</li> <li>Entrevista com os interessados, até preenchimento das vagas;</li> <li>Apresentação do Termo de Abertura e do Plano de Projeto;</li> <li>Primeiros desenhos técnicos e protótipos do sistema mecânico;</li> <li>Redefinição dos requisitos para o próximo semestre.</li> </ul>	1º /2011	
Projeto Integrador 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apresentação do projeto reformulado por meio de cartazes e palestras na universidade e entrevista com os interessados, até preenchimento das vagas;</li> <li>Apresentação do Plano de Projeto e do Termo de Abertura;</li> <li>Novos desenhos técnicos e protótipos do sistema mecânico;</li> <li>Definição dos parâmetros para visão computacional;</li> <li>Redefinição dos requisitos para o próximo semestre.</li> </ul>	2º/2011	
Projeto de Extensão	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apresentação do projeto por meio de cartazes e palestras na universidade;</li> <li>Entrevista com os interessados, até preenchimento das vagas;</li> <li>Desenhos técnicos e protótipos finais do sistema mecânico;</li> <li>Implementação da visão computacional;</li> <li>Integração dos sistemas.</li> </ul>	1º/2012	2º/2012
Exposição	<ul style="list-style-type: none"> <li>Montagem;</li> <li>Manutenção.</li> </ul>	04/01/2013	29/01/2013



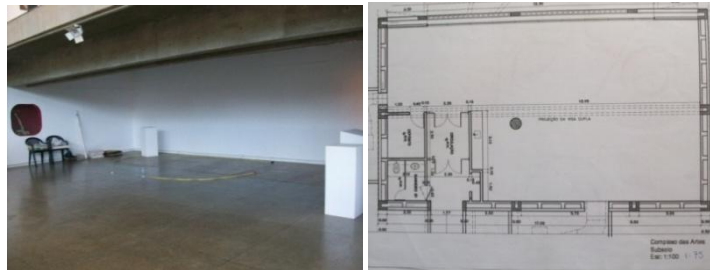
## 7. PRODUÇÃO ARTÍSTICA

A equipe artística participou da concepção da ideia, a partir de diálogos e desenhos, até a montagem da obra. A execução foi subdividida nos elementos composicionais das performances robóticas: configuração do ambiente, do corpo e do comportamento do robô, e será detalhada a seguir.

### 7.1. AMBIENTE DO ROBÔ

A obra CACOTECNIA foi projetada para ser exposta na Galeria Espaço Piloto, conforme as Fig. 48 e 49, na Universidade de Brasília, mas de forma que também possa ser exposta em ambientes com condições semelhantes em termos de segurança, controle de iluminação e sonorização.

Figuras 48 e 49: Galeria espaço Piloto, Planta baixa da galeria



A primeira etapa do projeto foi a pesquisa de imagens de caixinhas de música. A partir desta pesquisa foram estabelecidas as diretrizes do projeto cenográfico. Com base nas imagens pesquisadas, conforme as Fig. 50, 51, 52, 53, 54 e 55, as seguintes características foram destacadas para a configuração do ambiente da exposição:

- configuração geométrica poligonal;
- madeira, metal ou porcelana;
- padrões decorativos no lado exterior;
- revestimento de veludo no interior;
- Figura representativa do conteúdo do objeto na tampa da caixa;
- espelho ou Figura pintada como fundo da cena, atrás da bailarina;
- bailarina se posiciona sobre um pedestal.

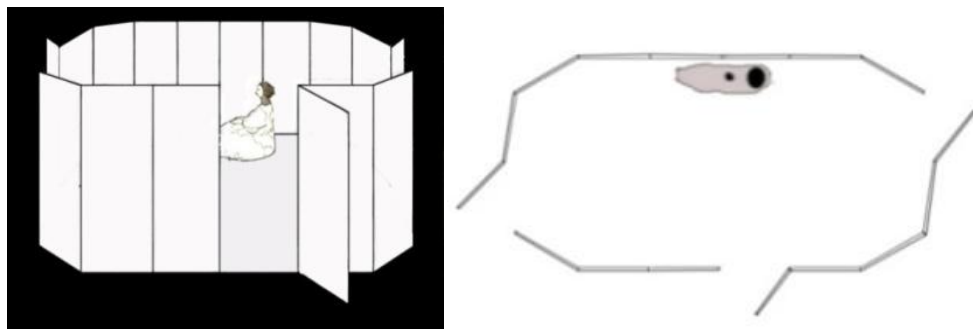
Figuras 50, 51, 52, 53, 54 e 55: Caixas de Música

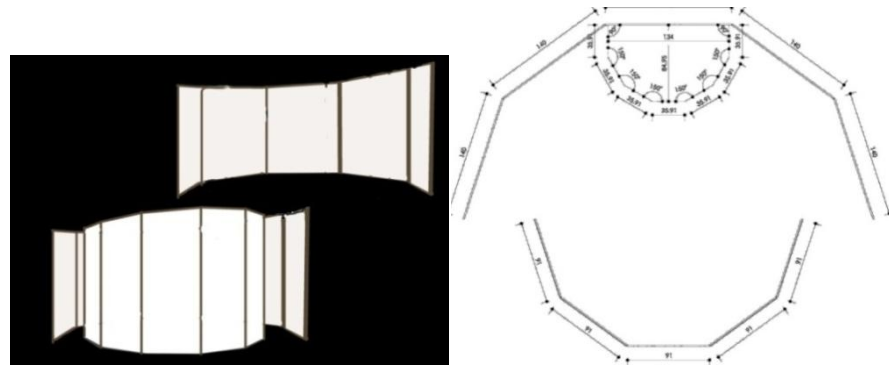


Fontes: <http://www.garrysmod.org/downloads/?a=view&id=117834>,  
[www.wayfair.com](http://www.wayfair.com)<http://site.musicboxattic.com/blog/category/ballerina-music-jewelry-boxes/><http://www.squidoo.com/jewelry-boxes-for-women>, [www.themusichouse.com](http://www.themusichouse.com) e  
[escrevendoaoleu.blogspot.com](http://escrevendoaoleu.blogspot.com)

O ambiente foi idealizado como uma grande caixa de música, na qual os espectadores entram para ver a bailarina robótica. A caixa foi projetada em biombos de madeira, de forma que pode ser montado e desmontado rapidamente, e fácil de transportar. O primeiro projeto previa que o ambiente seria constituído por dezesseis lados e três entradas para os espectadores. Posteriormente, o projeto foi simplificado e o ambiente foi projetado com dez lados e duas entradas para os espectadores. Dentro deste ambiente de aproximadamente 10m<sup>2</sup>, o robô foi posicionado sobre um pequeno palco, encostado no biombo central, em frente às entradas, como mostram as Fig. 56, 57, 58 e 59 mostradas abaixo.

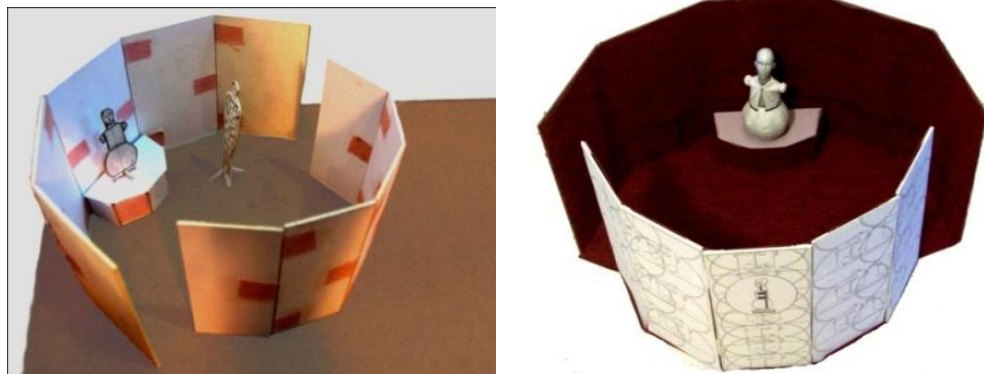
Figuras 56, 57, 58 e 59: projetos do ambiente do robô





Após o projeto ser definido em desenhos, foi produzida uma maquete de papel na proporção de 1:20 para a visualização tridimensional da obra, conforme a Fig. 60. Seguida a construção da maquete em papel, foi construída uma segunda maquete, de madeira, na proporção 1:6, conforme Fig. 61. Na segunda maquete o projeto foi mais desenvolvido e a parte interna da maquete foi forrada com carpete, em alusão aos forros de veludo das caixas de música. Com esta maquete a iluminação foi projetada, de forma que foi previsto um foco de luz difusa para o ambiente e um foco de luz de 8 graus sobre o robô.

Figuras 60 e 61: Maquetes



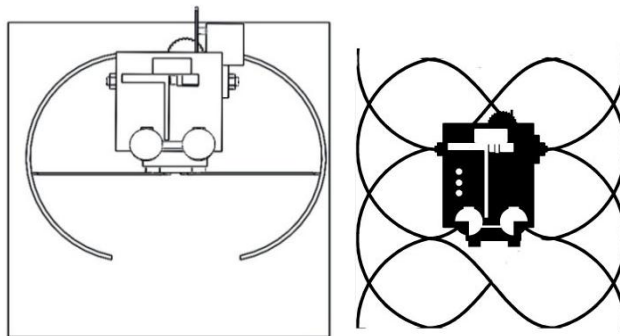
Para destacar ainda mais a área do robô, foi projetado um painel para ficar atrás do palco, como mostram as Fig. 62 e 63.

Figuras 62 e 63: estudo do painel

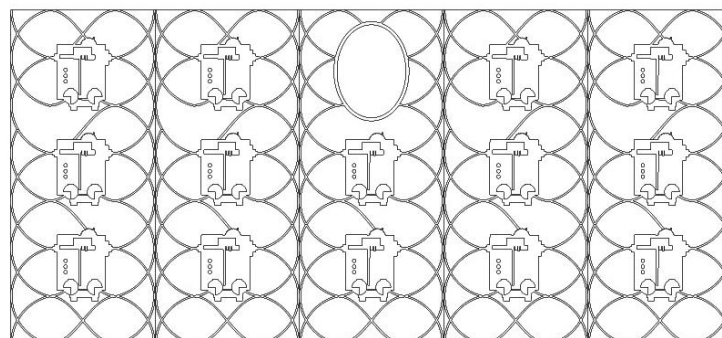


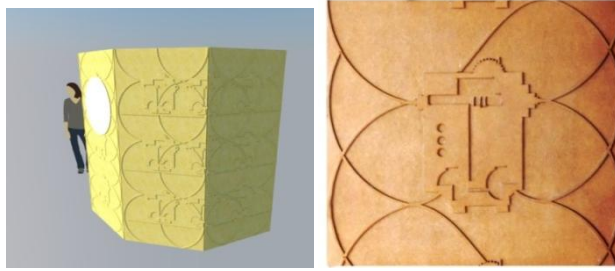
A estampa do painel de fundo de cena e o padrão externo dos biombos foram compostos pelo mesmo módulo. O padrão foi idealizado com uma referência na geometria das máquinas e as curvas de padrões decorativos rococós. O módulo foi realizado com base em um dos desenhos técnicos do robô e a ele foram adicionadas linhas para fazer a ligação entre os módulos, conforme as Fig. 64 e 65. O desenho foi estilizado como um *stencil*, com negativos e positivos demarcados. A definição da Figura em positivos e negativos viabilizou o corte a laser do relevo de madeira. As Fig. 66, 67 e 68, mostram o padrão nos biombos.

Figuras 64 e 65: Desenho técnico do robô e Módulo do Padrão



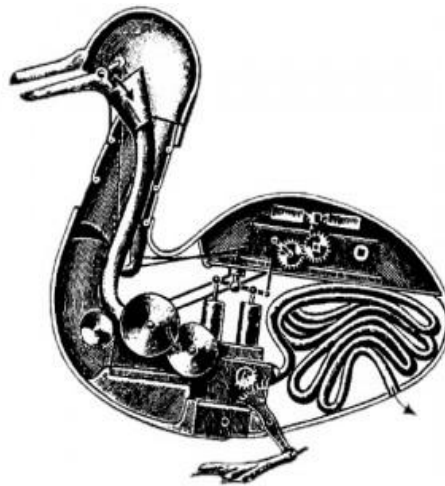
Figuras 66, 67 e 68: Padrão do Relevo dos Biombos





Ainda com referência às caixas de música, foi realizada representação gráfica do conteúdo da caixa na parede externa central dos biombos. Para a representação de Caco, a bailarina robótica, foi utilizada como referência o desenho que apresenta o funcionamento de *Canard*, de Jacques de Vaucanson (1739), conforme Fig. 69. A Figura de Caco foi produzida com a sobreposição do desenho técnico do robô (Fig. 70) com um desenho de seu perfil (Fig. 71). Inicialmente, seria utilizada a Figura da bailarina de corpo inteiro, como mostra a Fig. 72, mas como a Figura ficaria com um tamanho muito reduzido em relação ao ambiente, optou-se por utilizar apenas o desenho da face do robô, de forma que o desenho técnico apresentaria maior quantidade de detalhes, conforme a Fig. 73. A mesma Figura foi inserida nos cartazes e panfletos da exposição.

Figura 69: Canard



Fonte: <http://www.futurasciences.com>

Figura 70 e 71: Desenho técnico do robô e Perfil do robô

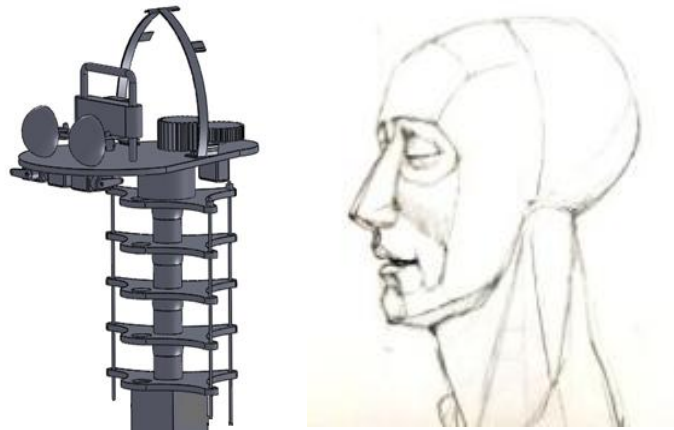
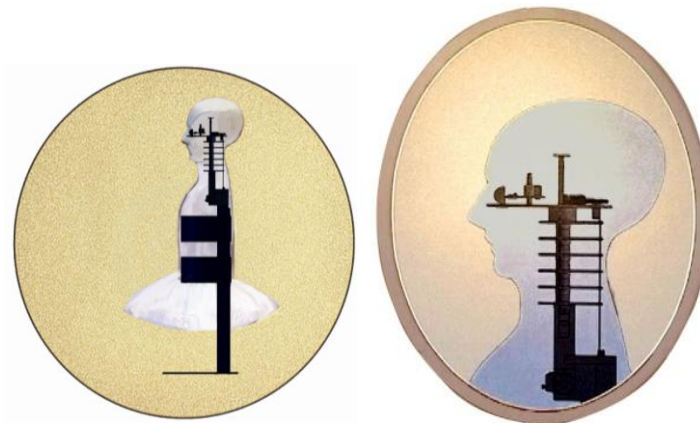


Figura 72 e 73: Primeira e Segunda representações gráficas



## 7.2. O CORPO DO ROBÔ

O robô foi idealizado com aparência de boneco com características humanóides, tamanho equivalente ao corpo humano e uma roupa de bailarina. A cabeça foi inicialmente projetada em desenho e depois modelada em argila, conforme as Fig. 74 e 75, para que, em seguida, fosse construído um molde de gesso da peça, exibido na Fig. 76. O molde foi utilizado para fundir a forma do rosto no látex, que é um material muito utilizado em máscaras. A máscara de látex foi recoberta com tecido de meia-calça para o acabamento com aspecto de boneco, conforme a Fig. 77. A estrutura de metal do corpo é aparente na base e no pescoço do robô, conforme a Fig. 78.

Figuras 74, 75, 76, 77, 78: Estudo da face, Modelagem da escultura, escultura em argila, molde de gesso, Construção da máscara e aplicação da máscara no robô.

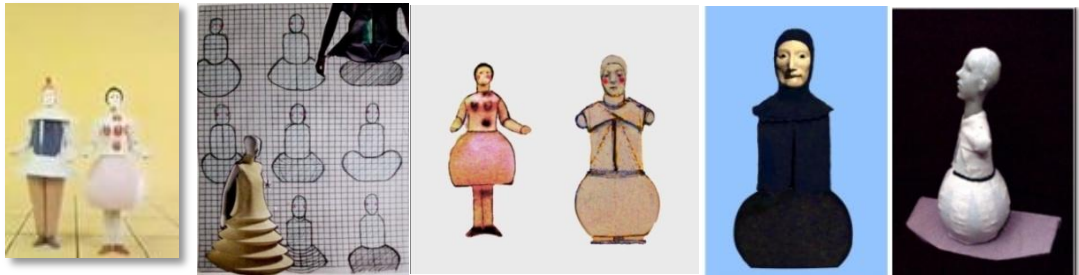


O corpo do robô foi realizado inicialmente com formas mais realistas, com membros de tecido. Após a construção do primeiro corpo, mostrado na Fig. 79, decidiu-se que ele não precisaria de pernas e braços, já que ele não movimentaria esses membros. Então um segundo corpo foi projetado, com base nos figurinos de Oskar Schlemmer para a obra *Bale Triádico* (1922) como mostra a Fig. 80. O corpo do robô foi realizado com figurino geometrizado, correspondente à estética da instalação. O figurino foi estudado em desenhos e maquete até assumir a configuração final: e as Fig. 81, 82 e 83 mostram os desenhos baseados nos figurinos de Shlemmer. A Fig. 84 mostra a maquete do figurino. As Fig. 85, 86 e 87 mostram a configuração final do corpo do robô e a Fig. 88 mostra o cenário e o figurino em um mesmo desenho, com os elementos mais importantes.

Figura 79, corpo de tecido



Figuras 80, 81, 82, 83 e 84: Balé Triádico, de Oscar Shlemmer; Estudo do figurino, Estudo do figurino em desenhos, figurino em maquete

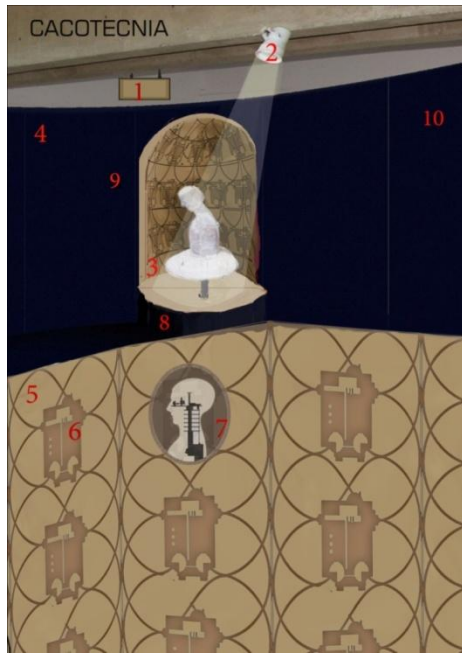


Figuras 85, 86 e 87: Configuração final do figurino



Figura 88: Cenário e Figurino





- 1: Luminária com gelatina difusora
- 2: Luminária com foco de 8 graus sobre o robô
- 3: Tecido *silver* impresso
- 4: Biombos de mdf 2,10m x 0,90m
- 5: Biombos de mdf 2,10m x 1,40m
- 6: Auto-relevo cortado a laser
- 7: Tecido *silver* com impressão
- 8: Palco com 30 cm de altura
- 9: Câmera
- 10: Carpete azul

### 7.3. O COMPORTAMENTO DO ROBÔ

A respiração e o foco do olhar foram definidos como ações principais do robô. Estes dois movimentos foram escolhidos porque, para muitos bonequeiros, o movimento da respiração é o mais importante para denotar sinal de vida em um objeto e é normalmente o primeiro movimento a ser realizado para indicar a sua animação. A respiração reflete o estado emocional do personagem. Para “ampliar” o movimento da respiração, o som deve ser sincronizado à movimentação do robô. Na obra CACOTECNIA, o som da respiração é sugerido pelo ruído dos motores que geram estes movimentos.

O foco do olhar também é considerado uma das ações fundamentais dos bonecos, pois representa o estado mental do personagem. A visão é um dos sentidos pelo qual se percebe o mundo e é justamente a percepção do mundo externo que permite que o robô mantenha contato com o espectador. Além disso, o foco do olhar evidencia a interatividade do robô, quando o espectador compreende que Caco está percebendo e reagindo à sua presença.

A animação da respiração utilizada foi adaptada do modelo apresentado por Zordan *et al* (2004) da Universidade da Califórnia. Este modelo foi desenvolvido para ser aplicado em animações computacionais 3D. Nesta obra, os autores fazem uma análise do movimento respiratório e dividem os tipos de respiração em lenta e profunda, ansiosa, calma e expiração forçada. O artigo ressalta que o movimento muscular tende a ter um amortecimento, uma

força que resiste ao movimento, diminuindo a sua velocidade até o final da cada movimento. Os autores explicam que o efeito visual da respiração humana deriva da atividade de dois grupos musculares, o diafragma e os músculos intercostais, presos às costelas. Estes dois grupos musculares causam a movimentação dos ombros, do peitoral, dos braços, do abdômen, da espinha dorsal, até do movimento involuntário da cabeça. Durante a inalação, enquanto o diafragma se move, o abdômen se projeta para frente e para os lados. Na exalação, o diafragma relaxa e o abdômen volta à sua posição. A respiração em repouso é mais perceptível na região do abdômen, apresentando movimentos controlados, com eventuais inspirações lentas e profundas. Esse tipo de respiração apresenta uma frequência entre 13 e 20 vezes por minuto em um ser humano adulto. A segunda respiração mais enérgica caracteriza-se por constantes e bruscos movimentos do tórax, onde são percebidos movimentos de expansão laterais e frontais das costelas e do diafragma. Nesse tipo de respiração, a taxa de respiração atinge, normalmente, valores entre 30 e 50 vezes por minuto, podendo ultrapassar um pouco esses valores. Utilizando a linguagem script do circuito Mini Maestro<sup>8</sup>, é possível animar e deixar gravada a animação da respiração, conforme o modelo descrito no trabalho de Zordan *et al* (2004).

As ações de Caco ocorreram de forma interativa com os espectadores, com uma série de ações pré-definidas que são ativadas a partir da presença do espectador e caracterizam os estados emocionais do robô. A definição e execução computacional foi realizada de forma integrada com os profissionais da área de Visão Computacional. Entre determinado número de ações disponíveis ao robô, a ação desempenhada é escolhida por fatores probabilísticos e ocorre em função dos dados situacionais. Se não houver nenhuma pessoa no ambiente, o robô tem 40% de chance de dormir e 60% de chance de adotar o comportamento padrão, explicado a seguir. Quando uma ou mais pessoas são detectadas pelo robô ele também pode assumir comportamento de medo, despeito ou delírio, conforme mostram as Tabelas 3 e 4.

---

<sup>8</sup> Os Mini Maestros são controladores de servo motores.

Tabela 3: estados emocionais do robô

Ação	Respiração	Olhos	Pescoço
Padrão	Calma “este movimento alcança todo o sistema respiratório abdominal, com inspiração completa com o máximo de capacidade de ar e completa expulsão do ar.”	Na direção do espectador. Eventuais piscadas com as pálpebras	Na direção do espectador. Eventuais olhadas para os lados, para cima e para baixo.
Dormir	Lenta e profunda “quantidade considerável de movimento abdominal devido à importante contribuição do diafragma.”	Fechados, com movimentos de abrir e fechar novamente, devagar	Cabeça caída, Com movimento de levantar, olhar para os lados e voltar a cair
Despeito	Respiração lenta, com pausas entre a inspiração e a exalação. Ritmo menos contínuo. (algumas pausas maiores, seguidas de exalação acelerada.	Olhos parados na posição neutra.	No primeiro momento, olhar para o espectador por 3 segundos. Depois, virar pescoço na posição contrária à do espectador.
Medo	Ansiosa “a alta frequência pulsando na respiração ansiosa rendem pequenas e rápidas inalações e exalações. A maior parte do movimento é percebida no peito e na parte superior do torso.”	Na direção do espectador. (se tiver mais de um espectador, olhar varia entre eles) Pálpebras bem abertas.	Na direção do espectador. (se tiver mais de um espectador, olhar varia entre eles)
Delírio	Lenta e profunda	Olhos abrindo e fechando, lentamente.	Pescoço com movimentos laterais, calmos e ritmados. Como se tivesse delirante

Tabela 4: probabilidades de comportamento

Variáveis do espectador	Probabilidade de ocorrer cada ação	Duração em segundos
Presença de espectador no ambiente	Dormir: 20%	15
	Calmo: 20%	15
	Despeito: 30%	10
	Delírio: 10%	10
	Medo: 20%	15
Ausência de expectador no Ambiente	Dormir: 40%	20
	Calmo: 60%	20

#### 7.4. SONORIZAÇÃO

No interior da caixa toca uma música baixa, com som de caixa de músicas e melodias que refletem e enfatizam cada estado emocional do robô. A obra de piano “Caixinha de

Música Quebrada”, do compositor Heitor Villa Lobos (1931) foi usada como referência para a sonorização da obra Cacotecnia. Sobre a gravação de piano foi acrescentada uma série de efeitos digitais, para distorção sonora, de forma a representar ainda mais o aspecto “quebrado” da obra. A partir da música original obteve-se quatro sub-músicas, uma para cada estado do robô, menos para o estado delírio, que pode gerar qualquer uma destas sub-músicas.

Os efeitos foram criados com o auxílio do programa CUBASE 5. Dentre os efeitos usados, pode-se citar a compressão temporal de trechos específicos da gravação original, o uso de distorcedores digitais tais como Chorus e Metalizer, que possibilitaram uma mudança de timbre significativa no sentido de criar uma impressão de som metálico e oscilante para as distorções.

Após a conclusão dos efeitos sonoros, foi necessário integrá-los com o programa geral de controle das ações do robô. Isso foi realizado através de um programa chamado Pure-Data, que se comunica com o programa-mestre através de troca de mensagens de texto (scripts). O programa-mestre gera um arquivo de texto podendo conter quatro números, um para cada estado. O programa Pure-Data lê este arquivo e seleciona o número solicitado para tocar a música correspondente. As caixas de som foram dispostas escondidas no biombo atrás do robô, fora do ambiente de exposição.

## 7.5. FINANCIAMENTO E CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Os recursos financeiros da produção do cenário e figurino da exposição foram concedidos por meio do edital da FAC/2011, da Secretaria de Cultura do DF. O financiamento viabilizou a aquisição dos materiais e a contratação dos profissionais envolvidos no projeto. Os recursos totais somaram R\$19.390,00. Os recursos materiais foram orçados em R\$1.320,00, os recursos humanos em R\$16.300,00 e os serviços de pessoas jurídicas em R\$1.770,00. A Tabela 5 mostra o orçamento do Projeto Artístico enquanto a Tabela 6 mostra o cronograma de execução das atividades da etapa artística do projeto.

Tabela 5: Orçamento do Projeto Artístico

<b>Especificação</b>	<b>Tipo de gasto</b>	<b>Valor (Reais)</b>
<b>Produção executiva do projeto – gerenciamento das metas, pagamento dos profissionais e organização de documentação.</b>	Pessoa Física	R\$ 1.600,00
<b>Elaboração do projeto e elaboração da prestação de contas do projeto</b>	Pessoa Física	R\$ 800,00
<b>Produção e execução do projeto de cenografia da exposição e figurino do robô</b>	Pessoa Física	R\$ 4.000,00
<b>Produção e execução do projeto de iluminação da exposição, incluindo o fornecimento dos equipamentos necessários</b>	Pessoa Física	R\$ 2.000,00
<b>Consultoria técnica para a realização da exposição</b>	Pessoa Física	R\$ 1.400,00
<b>Projeto de designer gráfico para os materiais de divulgação da exposição</b>	Pessoa Física	R\$ 1.000,00
<b>Confecção do figurino do robô</b>	Pessoa Física	R\$ 2.000,00
<b>Confecção das estruturas do cenário da exposição (com material incluído)</b>	Pessoa Física	R\$ 3.500,00
<b>Confecção dos panfletos</b>	Pessoa Jurídica	R\$ 180,00
<b>Confecção dos cartazes</b>	Pessoa Jurídica	R\$ 590,00
<b>Impressão dos painéis de tecido do cenário</b>	Pessoa Jurídica	R\$ 1.000,00
<b>Aquisição de material para a exposição – Tecidos</b>	Material de consumo	R\$ 1.000,00
<b>Aquisição de material para a exposição – Argila</b>	Material de consumo	R\$ 100,00
<b>Aquisição de material para a exposição – Gesso</b>	Material de consumo	R\$ 20,00
<b>Aquisição de material para a exposição – Látex</b>	Material de consumo	R\$ 200,00
<b>Total</b>		<b>R\$19.390,00</b>

Tabela 6: Cronograma de execução artística

<b>Meta</b>	<b>Etapa / Fase</b>	<b>Descrição</b>	<b>Início</b>	<b>Término</b>
<b>Definição do escopo</b>	pré-produção	Objetivos do projeto	08/01/2012	31/11/2012
<b>Contratação da equipe</b>	pré-produção	Contração das empresas e profissionais responsáveis pela realização do projeto da exposição		
<b>Espaço de exposição</b>	pré-produção	Galeria_ Escolher a galeria	01/02/2012	29/02/2012
<b>Pesquisa de referencias</b>	pré-produção	Pesquisa de imagens e músicas relacionadas à caixa de música	01/03/2012	31/05/2012
<b>Confecção de desenhos</b>	pré-produção	desenhos do cenário e figurino	01/06/2012	30/09/2012
<b>Confecção de maquetes</b>	pré-produção	maquetes do cenário e figurino	30/09/2012	30/10/2012
<b>Aquisição de materiais</b>	produção	Comprar madeira e tecidos	30/10/2012	30/11/2012
<b>Confecção do figurino</b>	produção	confecção dos biombo: madeira, relevo tecido.	01/10/2012	15/11/2012
<b>Confecção do cenário</b>	produção	Confecção do figurino do robô	01/10/2012	15/11/2012
<b>Produção da sonoplastia</b>	produção	Sons de caixa de música para cada estado do robô		
<b>Produção da divulgação</b>	produção	confecção dos materiais de divulgação da exposição, panfletos e cartazes	01/10/2012	30/10/2012
<b>Divulgação da exposição</b>	produção	Distribuir cartazes e panfletos da exposição e anunciar nas mídias de comunicação	03/01/2013	10/01/2013
<b>Montagem da exposição</b>	produção	Montagem da exposição com equipe de iluminação e cenografia	04/01/2013	11/01/2013
<b>Realização da exposição</b>	produção	Abertura e término da exposição	11/01/2013	29/01/2013
<b>Desmontagem da exposição</b>	pós-produção	Desmontagem da exposição com a equipe de iluminação e cenografia	29/01/2013	30/01/2013
<b>Prestação de contas</b>	pós-produção	Prestação de contas	01/03/2013	10/03/2013

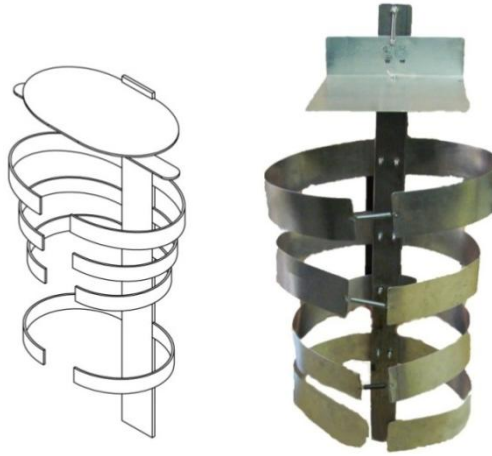
## 8. PRODUÇÃO TECNOLÓGICA DO ROBÔ

O projeto de desenvolvimento tecnológico do robô foi definido a partir dos requisitos artísticos apresentados na fase *Definição*, que foi a primeira fase do projeto, conforme mencionado anteriormente no Capítulo 6. A produção do robô envolveu a área de engenharia mecânica e mecatrônica para a produção dos sistemas mecânicos do tórax, do pescoço e dos olhos do robô e integração dos sistemas. A área de Ciência da Computação foi necessária para a implementação da visão computacional. A integração dos sistemas de visão computacional, eletrônico e mecânico permite o reconhecimento da presença e da localização de um espectador, a escolha de uma função pré-programada e envio de dados para o controlador que comanda os servo motores relacionados àquela função escolhida. Esses sistemas são detalhados a seguir:

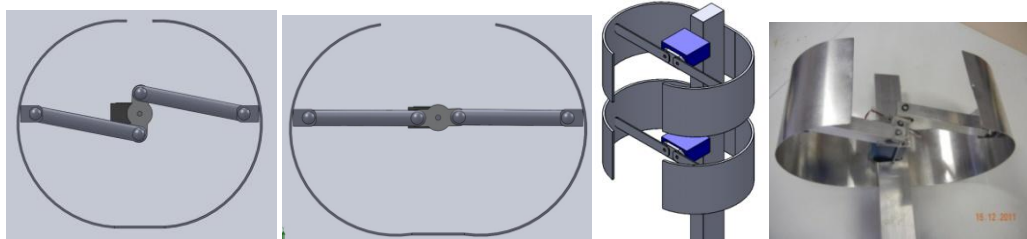
### 8.1. TÓRAX

Para gerar o movimento de respiração do robô, foi projetada uma estrutura de alumínio aludindo à forma do esqueleto humano, em particular da coluna vertebral e costelas. O primeiro protótipo foi construído com quatro chapas de alumínio, conforme o desenho técnico mostrado na Fig. 89 e a foto do sistema mostrado na Fig. 90. Para simplificar o mecanismo de atuação, no segundo protótipo o número de costelas foi reduzido para apenas duas, uma para a respiração abdominal e outra para a respiração peitoral, conforme o desenho técnico mostrado nas Fig. 91, 92 e 93, e a foto do sistema mostrado na Fig. 94. As costelas fazem o volume do tronco e possuem um sistema mecânico que proporciona movimento de expansão e retração.

Figuras 89 e 90: Desenho técnico realizado por Murilo Angelini e Modelo do primeiro protótipo das costelas



Figuras 91 e 92, 93, 94\_ Desenhos técnicos realizado por João e Felipe e Modelo de alumínio das costelas



Para facilitar a manutenção e reduzir os ruídos dos mecanismos de acionamento da respiração, estes foram substituídos por cabos de aço ligados aos motores armazenados em uma caixinha de madeira, posicionadas externamente ao corpo do robô. Os motores funcionam com uma frequência pré-determinada, para simular a respiração humana. Neste caso, o movimento de giro do motor promove a expansão das costelas (vide as Fig. 95 e 96).

Figuras 95 e 96: Cabos que ligam os mecanismos aos motores

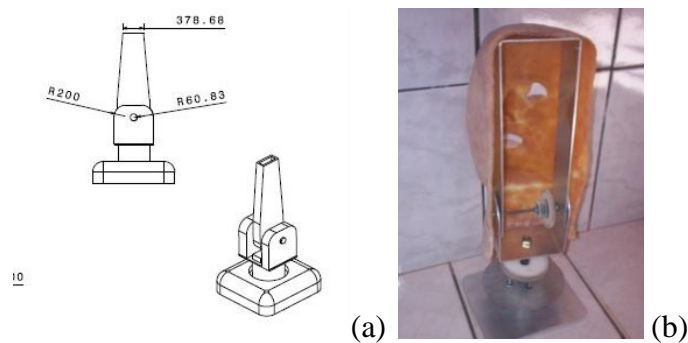




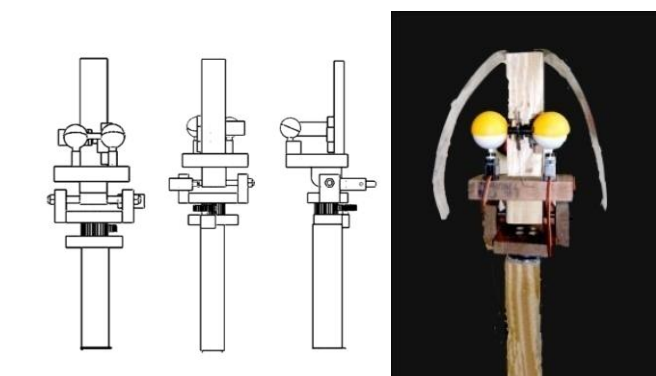
## 8.2. PESCOÇO

O primeiro protótipo do pescoço foi realizado por uma junta de alumínio, 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 um ângulo de  $135^\circ$  e de movimento lateral, com um ângulo de  $180^\circ$ . Na base do “pescoço” é posicionado um servo motor que proporciona o movimento horizontal e, na haste, o outro servo motor 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, conforme as Fig. 97 e 98. O segundo protótipo de pescoço foi realizado por sistema semelhante ao primeiro, mas construído em madeira, conforme as Fig. 99 e 100.

Figuras 97 e 98: Desenho técnico e Primeiro protótipo do pescoço



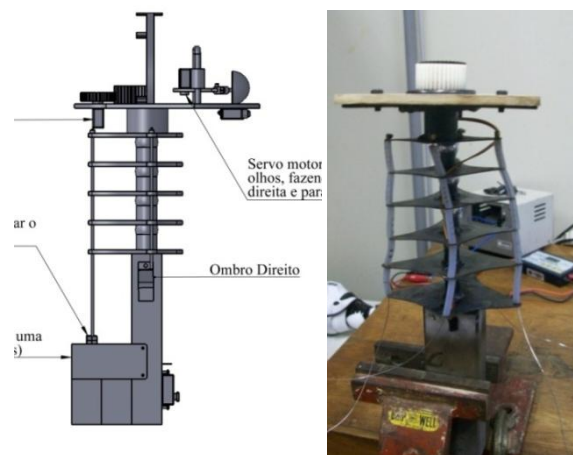
Figuras 99 e 100: Desenho técnico e Segundo protótipo do pescoço



Para uma representação mais realística do movimento do pescoço, foi desenvolvido um terceiro protótipo composto por várias chapas de aços finas, com base no modelo de uma coluna vertebral, apoiadas por esferas de material plástico, vazadas, pelas quais passa um fio de aço que mantém as chapas alinhadas. Nas extremidades passam cabos de aços por dentro de espaçadores de tubos de silicone, os quais mantêm o alinhamento do pescoço quando os

servos estão sem atuar e possibilitam inclinar a estrutura quando atuados em conjunto. A flexibilidade e a possibilidade de realização de movimentos combinados demonstram que este sistema aparenta ser mais semelhante ao pescoço humano do que a versão anterior do protótipo (vide Fig. 101 e 102).

Figuras 101 e 102: Desenho técnico e Terceiro protótipo do pescoço

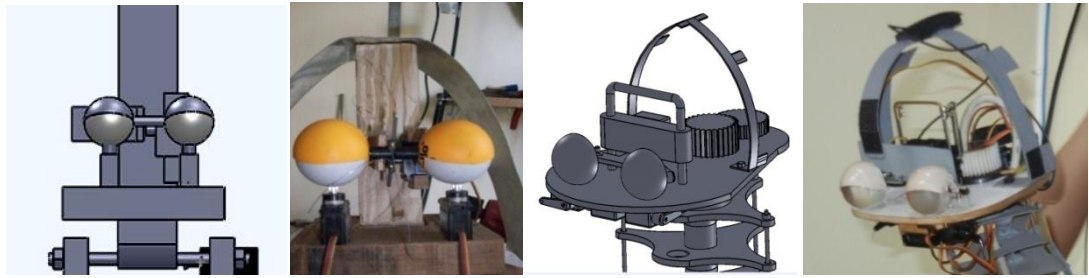


### 8.3. OLHOS

O primeiro protótipo dos olhos foi realizado com bolas de Ping-Pong. O sistema foi montado em uma base de madeira para que estes pudessem ser fixados na posição que coincidissem com as aberturas da máscara do rosto. Dois microservos ligados aos olhos são responsáveis pelos movimentos horizontais, enquanto outro microservo é responsável pelo movimento vertical das pálpebras (conforme Fig. 103 e 104).

O segundo protótipo dos olhos foi realizado com bolas de desodorante *roll on* e as pálpebras com acrílico moldado. Para obter a movimentação dos globos oculares do personagem dentro da faixa de movimentos dos olhos humanos, foi elaborado um sistema de 4 servomecanismos com velocidades controladas e definidas por programação. Dois servomotores são usados para rotacionar os olhos para os lados e para cima. Para auxiliar o movimento rotacional dos olhos na direção vertical, foi adicionado um suporte deslizante com trilhos e mola conforme as Fig. 105 e 106. As pálpebras são controladas por meio de um arame de aço e por dois servomotores, fixados abaixo da plataforma onde estão posicionados os olhos.

Figuras 103, 104, 105 e 106: primeiro sistema dos olhos, segundo sistema dos olhos, desenho técnico dos olhos e sistema final



#### 8.4. VISÃO COMPUTACIONAL

A integração da visão computacional no projeto teve como objetivo fornecer dados sobre o posicionamento de pessoas no ambiente e gerar o comportamento interativo do robô. Os requisitos estabelecidos no projeto artístico eram os estados emocionais de sono, medo, calma, despeito e delírio, e a probabilidade de cada estado ocorrer, conforme mencionado no capítulo 7 e mostrado na tabela 3, na definição do comportamento do robô. Para a realização desta tarefa, foi necessária a implementação de três etapas: reconhecimento do ambiente, interpretação de estímulos e codificação das reações.

Para se trabalhar com programação para processamento de imagens, há diversas linguagens com funções predefinidas para manipulações tanto de vídeos quanto de imagens. Optou-se por utilizar C/C++, uma vez que na linguagem C e C++ estão disponíveis bibliotecas de funções para tais processamentos.

A biblioteca OpenCV possui a rotina *facetect.c*. O algoritmo desta rotina se utiliza da Figura da webcam para desenhar retângulos na Figura, referentes à localização de faces e mostrar na tela tal Figura. Para isso, é utilizado um algoritmo chamado *Haar-like Features*, que realiza uma busca de uma Figura em outra, unido a um *cascade classifier* (classificador em cascata). Esse *cascade classifier* é, em essência, um conjunto de imagens que servirão de base para a busca, atualizando-se constantemente e, assim, para se adaptar às variações de iluminação e tamanho (vide Fig. 107 e 108).

Figuras 107 e 108: Detecção de faces



O processamento de imagens ocorre em tempo real. 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 de escolher uma resposta dentre as 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.

## 8.5. FINANCIAMENTO E CRONOGRAMA DO PROJETO TECNOLÓGICO

Os recursos financeiros para a execução dos projetos tecnológicos foram obtidos por meio de editais internos à Universidade de Brasília. O valor das bolsas (de pós-graduação e de graduação) totalizou R\$45.000,00. Os materiais para a construção do robô foram orçados em R\$688,00 e os equipamentos adquiridos (câmera, computador) para processamento totalizaram R\$5.050,00. A Tabela 7 mostra o orçamento do projeto técnico e a Tabela 8 o cronograma de execução.

Tabela 7: orçamento do projeto técnico

<b>Especificação</b>	<b>Tipo de gasto</b>	<b>Valor (Reais)</b>
Tubo de ferro	Material de Consumo	R\$50,00
Base de ferro	Material de Consumo	R\$28,00
Chapa de aluminio	Material de Consumo	R\$20,00
Cabo de aço	Material de Consumo	R\$5,00

Servos motores pequenos	Material de Consumo	R\$100,00
Tinta Esmalte	Material de Consumo	R\$40,00
Zarcão	Material de Consumo	R\$30,00
servos motores grandes	Material de Consumo	R\$300,00
Madeira	Material de Consumo	R\$85,00
Tinta para madeira	Material de Consumo	R\$30,00
Computador	Material Permanente	R\$5.000
Câmera de vídeo	Material Permanente	R\$150,00
Bolsas de graduação e pós-graduação	Pessoa física	R\$45.000,00
Total		R\$50.838,00

Tabela 8: cronograma de execução tecnológica

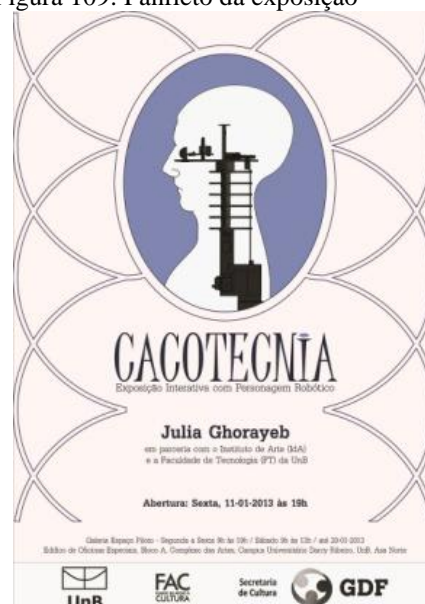
Meta	Etapa / Fase	Descrição	Período
Definição do escopo	pré-produção	Objetivos do projeto.	1º/2011
Pesquisa de referencias	pré-produção	Estudos dos movimentos e sistemas do corpo humano para respiração, movimentos dos olhos e movimentos dos pescoços.	1º/2011
Desenhos Técnicos	produção	Primeiros desenhos técnicos dos olhos, pescoço e tórax do robô.	1º/2011
Aquisição de materiais	produção	Definição, orçamento e compra dos materiais para os primeiros protótipos.	1º/2011
Protótipos	produção	Primeiros protótipos dos três sistemas Mecânicos.	1º/2011
Desenhos Técnicos	produção	Novos desenhos técnicos dos olhos, pescoço e tórax do robô.	2º/2011
Aquisição de materiais	produção	Definição, orçamento e compra dos materiais para os novos protótipos	2º/2011
Protótipos	produção	Segundos protótipos dos três sistemas mecânicos	2º/2011
Desenhos técnicos	produção	Terceiros desenhos técnicos do pescoço e tórax do robô	1º/2012

Aquisição de materiais	produção	Definição, orçamento e compra dos materiais para os sistemas finais	1º/2012
Sistemas finais	produção	Construção dos sistemas Mecânicos finais	2º/2012
Visão computacional	produção	Sistema de visão	1º/2011 – 2º/2012
Integração dos sistemas	produção	Integração da visão computacional com os sistemas mecânicos	2º/2012
Montagem da exposição	produção	Instalação dos sistemas	1º/2013
Realização da exposição	produção	Ajustes	1º/2013

## 9. INTEGRAÇÃO DA PRODUÇÃO ARTÍSTICA E TECNOLÓGICA

A obra Cacotecnia foi contemplada pelo edital Espaço Piloto 2012 para ser exposta na galeria da Universidade. A data foi estabelecida pelo prazo de conclusão do projeto, início de 2013. A montagem da exposição ocorreu em quatro dias, nos quais também foram realizadas a divulgação da exposição, com panfletos e cartazes, conforme a Fig. 109.

Figura 109: Panfleto da exposição



Design Gráfico de Raquel Roland e Nikolas Spur

No primeiro dia de montagem, os biombo com carpete e palco foram instalados (vide Fig. 110). No segundo dia começou a montagem do sistema mecânico e computacional do robô, conforme mostra a Fig. 111. Após a instalação do robô, foi feita a iluminação. A iluminação e a visão computacional foram afinadas juntas, de forma que o ambiente estivesse com luz o suficiente para a captação de imagens da *webcam*, mas não em demasia para a concepção artística do ambiente. A câmera ficou escondida em um pequeno furo do biombo conforme as Fig 112 e 113, e o computador e caixas de som ficaram em um espaço de *backstage* atrás do biombo, com lugar para até 5 pessoas em pé, separado por cortinas, conforme a Fig.114

Figuras 110 e 111: montagem da exposição



Fotos de Dianne Magalhães

Figuras 112, 113 e 114: Câmera de vídeo e *backstage*



Frame da entrevista gravada pela CNTFrame da entrevista gravada pelo Bom dia DF

Durante os dias de exposição ocorreram oito falhas técnicas, em geral relacionadas à queima de motores, quebra ou soltura de cabos. As falhas foram corrigidas em média duas horas após o reconhecimento do problema, conforme mostra a Tabela 9.

Tabela 9: Falhas observadas

<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Descrição</b>
11/01/2013	19h	Instabilidade nos movimentos do pescoço. Corrigidos no dia 12. Também foi feita uma melhoria na programação das reações.
14/01/2013	11h	Cabos que acionam o pescoço se soltaram dos motores. Corrigido às 14h do mesmo dia
15/01/2013	17h	Queima do motor que aciona o pescoço. O motor foi trocado durante a noite.
17/01/2013	16h30	O cabo do pescoço soltou do servo maior. Corrigido às 17h
18/01/2013	15h	Desgaste das esferas de plástico do pescoço. As esferas foram trocadas às 17h. Travamento da tela da câmera. Problema ajustado quando reiniciado o computador.
23/01/2013	11h	Cabo do motor 1 se soltou. Tubo de plástico separador das placas do pescoço se rompeu. O cabo foi preso novamente e o tubo trocado às 13h.
24/01/2013	18h 20	A engrenagem de articulação do pescoço se soltou. Foi colada novamente na posição imediatamente o ocorrido.
29/01/2013	18h	O motor da respiração das costelas inferiores queimou. Instabilidade no movimento do pescoço. Fim da exposição, os problemas não foram corrigidos.



## CONCLUSÃO

Esta pesquisa objetivou a investigação artística de performances robóticas, obras nas quais robôs atuam como agentes em eventos performáticos. Por ser um assunto pouco explorado teoricamente, este estudo se debruçou sobre o fenômeno para apresentar considerações que abrangem a origem das performances robóticas, suas principais características e os elementos composicionais envolvidos neste tipo de obra. Além disso, foi sugerida uma metodologia interdisciplinar de produção de performances robóticas no meio acadêmico. Para este fim foi realizada uma investigação teórico-prática do tema, sendo que a teoria e a prática contribuíram significativamente para a coleta de dados.

A performance robótica foi relacionada à tradição da *performance art*, de forma que os estudos foram baseados no ponto de vista de Auslander, que acredita que uma performance não infere a presença humana e que uma máquina é capaz de “performar” (2006). O estudo demonstrou que os principais elementos composicionais das performances robóticas são: a configuração do corpo do robô, que pode ser antropomórfico, zoomórfico ou maquinomórfico; a configuração do ambiente em que ele é exposto, que pode variar entre o espaço de teatro tradicional, as galerias de arte ou a rua e outros espaços públicos; e, por fim, a configuração do comportamento do robô, que se manifesta por meio dos sinais sonoros e dos movimentos, e podem ocorrer de forma interativa, com início, meio e fim, em *looping* ou aleatoriamente.

Para a etapa prática da pesquisa, partiu-se da hipótese de que a produção da obra de arte robótica possui muitas dificuldades. Dentre elas, destacamos: (1) este tipo de obra pressupõe conhecimentos tecnológicos de áreas diferentes; (2) este tipo de obra necessita de investimento material; (3) este tipo de obra consome muito tempo de produção. Além dessas três dificuldades relacionadas à produção, podemos também constatar que este tipo de obra não é facilmente comercializável e, ainda, não faz parte efetivamente do existente mercado de arte.

A solução proposta nesta pesquisa foi a associação entre artistas e engenheiros dentro do meio acadêmico. O ambiente acadêmico possui as vantagens de ser interdisciplinar, possuir experiências em atividades empíricas e possuir um sistema de investigação próprio. A proposta de criação do robô foi adotada como parte da metodologia de ensino dos estudantes, em disciplinas integradoras, com a metodologia PBL, e envolveu a integração da pesquisa, ensino e extensão. Os resultados obtidos desta parceria entre o Instituto de Artes e a Faculdade de Tecnologia podem ser classificados quanto: 1) aos conhecimentos adquiridos

pelos estudantes, que foram evidenciados nas soluções encontradas para resolver os problemas que surgiram ao longo do desenvolvimento do projeto; 2) ao desempenho dos estudantes em relação às habilidades transversais desenvolvidas no projeto e; 3) ao produto gerado pela equipe, que foi o robô Caco.

A exposição Cacotecnia foi apresentada na galeria Espaço Piloto, da Universidade de Brasília, e foi bem recebida pelo público, que no geral achou a obra fascinante e também assustadora. Este resultado foi decorrente das escolhas referentes à configuração do corpo e do comportamento do robô, que eram em parte humanóides, em parte maquinais. A configuração do ambiente contribuiu com o espaço controlado da galeria, com características intimistas para a contextualização do robô. Os estudos de *gestalt* e animação, como o cuidado com a duração de cada ciclo de movimento, e o exagero de movimentos, foram usados como recurso para que as ações do robô, ainda que limitadas em número, gerassem o efeito de aparência de vida. Além destes recursos, a interatividade com o público também foi fundamental para gerar o mesmo efeito, uma vez que Caco era capaz de reagir à presença das pessoas.

Em adição, uma questão sugerida por Jack Burnham, em 1973, que continua sendo relevante para estudos futuros sobre performances robóticas, é a exposição de obras de arte robóticas e tecnológicas em geral. Novos estudos sobre a reestruturação do sistema de galerias para comportar obras tecnológicas é uma demanda importante uma vez que este tipo de obra é difícil de expor, pois necessita de pessoal especializado para montagem; e também é difícil de manter, pois podem precisar de manutenção ou troca de peças com frequência.

## REFERÊNCIAS

- ARANTES, Priscila. Arte e mídia: **Perspectivas da Estética Digital**. – São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005.
- ARNHEIM, Rudolf. **Arte e Percepção Visual, uma Psicologia da Visão Criadora**. Traduzido por Ivonne Terezinha de Faria. São Paulo. Cengage Learning. 2011
- ARONSON, Arnold. **Looking Into the Abyss: Essays on Scenography**. Ann Arbor. University of Michigan Press. 2011
- ASIMOV, Isaac. **Nós, Robôs**. Ed. FChemus, Tradução Norberto de Paula lima e Mário Sílvia Molina Caetano, S.P. 1984
- ASTON, Elaine and SAVONA, George. **Theatre as Sign-System: A Semiotics of Text and Performance**. New York. Routledge. 1991
- AUSLANDER, Philip. **From Acting to Performance: Essays in Modernism and Postmodernism**. New York, Routledge. 1997
- AUSLANDER, Philip. Humanoid Boogie: Reflections on Robotic Performance. In: **Staging Philopshy: Intersections of Theatre, Performance, and Philosophy**, Editado por David Krasner e David Z. Saltz, Ann Arbor. University of Michigan Press, 2006.
- BARRTT Justin. L e JOHNSON. Amanda Hankers. The Role of Control in Attributing Intentional Agency to Inanimate Objects. In: **Journal of Cognition and Culture**, Volume 3, Number 3, pp. 208-217.2003
- BEKEY, George A. **Autonomous Robots, From Biological Inspiration to Implementation and Control**. Cambridge, Massachusetts. The MIT Press. 2005
- BURNHAM, Jack. **Beyond Modern Sculpture: The Effects of Science and Technology on the Sculpture of This Century**. New York. George Braziller. 1973
- 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, Guimarães, Portugal, 2009.
- DEMERS LP. **Machine Performers: Neither Agentic nor Automatic**. Paper presented at the Workshop “What do Collaborations with the Arts Have to Say About Human-Robot Interaction?” Held at the 2010 Human- Robot Interaction Conference, in Osaka, Japan. 2010
- DEMERS L.P. **Anthropocentricity and the Social Robot: Artistic and Aesthetic Investigations into Machine Behaviours**. Proc. of 50th AI Summit, Switzerland, 2006.
- DEMERS L.P., Horakova J, Anthropocentrism and the Staging of Robots. In: **Transdisciplinary Digital Art: Sound, Vision and the New Screen**, CCIS (Communications in Computer and Communication Science), Springer Verlag, 2008.
- DEMERS, L.P., VORN B., **Real Artificial Life as an Immersive Media**, 5th Biennial on Art&Technology, Connecticut, march 1995.

DIXON, S. **Metal Performance Humanizing Robots, Returning to Nature, and Camping About.** TDR: The Drama Review, Volume 48, nº4 (T 184). 2004

DIXON, Steve. **Digital Performance: A History of New Media in Theater, Dance, Performance Art, and Installation.** Cambridge, Massachusetts. The MIT Press. 2007

DOMINGUES D. O Corpo Tecnologizado e o Sentir Pós-Biológico. In: **Anais do XII Festival de Arte Cidade de Porto Alegre.** VIII Simpósio de Artes Plásticas. Tecnologias na Arte: Outras Sensibilidades. Porto Alegre: Unidade Editorial, 2001

DUFFY B. R. Anthropomorphism and the social robot. In: **Robotics and Autonomous Systems**, vol. 42, pp. 177-190, 2003.

DUFFY B. R. Anthropomorphism and Robotics. In: **The Society for the Study of Artificial Intelligence and the Simulation of Behaviour** - AISB Imperial College, England, April 3-5, 2002.

FERNAEUS, Y and West U. **Disturbing, Fragile, Inexorable: Human-Robot Interactions from a Perspective of Artistic Practice.** Paper presented at the Workshop “What do Collaborations with the Arts Have to Say About Human-Robot Interaction?” Held at the 2010 Human- Robot Interaction Conference, in Osaka, Japan. 2010

FILLOUX, Jean C. **A Personalidade.** Traduzido por Eunice Katunda. São Paulo. Difusão Europeia do Livro. 1966

GHEDINI F, Bergamasco M. Robotic Creatures: Anthropomorphism and Interaction in Contemporary Art. In: **19º IEEE International Symposium on Robor and Human Interactive Communication.** Principe di Piemonte- Viareggio, Italy. 2010

GOLDBERG, RoseLee. **Performance Art: From Futurism to the Present.** New York. Thames and Hudson, 2011.

GRAU, Oliver. **Arte Virtual: da Ilusão à Imersão.** Tradução de Cristina Pescador. – São Paulo: Editora UNESP: Editora Senac São Paulo, 2007.

GRAY J, Hoffman G, Adalgeirsson S O, Berlin M, and Breazeal C. **Expressive, Interactive Robots: Tools, Techniques, and Insights Based on Collaborations.** Paper presented at the Workshop “What do Collaborations with the Arts Have to Say About Human-Robot Interaction?” Held at the 2010 Human- Robot Interaction Conference, in Osaka, Japan. 2010

HOFFMAN G, Kubat R, and Breazeal C. A Hybrid Control System for Puppeteering a Live Robotic Stage Actor. In: **The 17th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication.** pp. 354 – 359, RO-MAN 2008.

HORÁKOVÁ. J · Kelemen J. Artificial Living Beings and Robots: One Root, Variety of Influences. In: **Artificial Life and Robotics.** Volume 13, Number 2 pp.555-560, 2009

HORÁKOVÁ. J and Kelemen J. **Robots between Fictions and Facts.** Paper presented at the 10º International Conference on Computational Intelligence and Informatics. CINTI PP. 21-39, Budapest, 2009

HOWARD, Pamela. **What is Scenography?** New York, Routledge, 2002.

- KAC E. Foundation and Development of Robotic Art. In: **Art Journal**, Vol. 56, nº3, Digital Reflexions: The Dialog of Art and Technology. 1997
- KERLOW, Isaac. **The Art of 3D Computer Animation and Effects**. Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons. 2009
- KLEIN, Yves A. Living Sculpture: The Art and Science of Creating Robotic Life. In: **Leonardo**, Vol. 31, nº 5, Sixth Annual New York Digital Salon, pp. 393-396. 1998
- KRAUSS, Rosalind. **Caminhos da Escultura Moderna**. Traduzido por Julio Fischer. São Paulo, Martins Fontes. 2007
- KRIZ, S., Damera P, and Porter J. R. **A Place for Fictional Robots in HRI Research?** Paper presented at the Workshop “What do Collaborations with the Arts Have to Say About Human-Robot Interaction?” Held at the 2010 Human- Robot Interaction Conference, in Osaka, Japan. 2010
- LATIL, Pierre de. **O Pensamento Artificial: Introdução à Cibernética**. Tradução de Jerônimo Monteiro. São Paulo. IBRASA. 1968
- LEHMANN, Hans Thies. **Teatro Pós-Dramático**. Translated by Karen Jurs-Munby. New York. Routledge. 2006
- LEVY, Pierre. **Cibercultura**. Tradução de Carlos Irineu da Costa. São Paulo. Editora 34. 1999
- LICHTE, E Fischer. **The Semiotics of Theater**. Translated by Jeremy Gaines e Doris L. Jones. Bloomington and Indianapolis. Indiana University Press. 1992
- MATARIC, Maja J. **The Robotics Primer**. Cambridge, Massachusetts. The MIT Press, 2007
- MEAD, R and Matarić J. M. **Automated Caricature of Robot Expressions in Socially Assistive Human- Robot Interaction**. Paper presented at the Workshop “What do Collaborations with the Arts Have to Say About Human-Robot Interaction?” Held at the 2010 Human- Robot Interaction Conference, in Osaka, Japan. 2010
- MORI, Masahiro. **The Uncanny Valley**. *IEEE Robotics & Automation Magazine*. Translated by Karl F. MacDorman and Norri Kageki, 2012
- MURPHY, R, Shell D, Duncan B, Fine B, Pratt K, Hopper A, and Zourntos T. **A Midsummer Night’s Dream (with Flying Robots)**, Paper presented at the Workshop “What do Collaborations with the Arts Have to Say About Human-Robot Interaction?” Held at the 2010 Human- Robot Interaction Conference, in Osaka, Japan. 2010
- MUSSE Cristina Ferraz. **Somos todos Ciborgues**. 2002. Disponível em: <http://www.pos.eco.ufrj.br/ojs-2.2.2/index.php/revista/article/viewFile/244/238>. Acesso em: 20 de maio, 2011.
- NÓBREGA. Christus M. **Arte Robótica: Criação de Vida Artificial para uma Sociedade Pós-Biológica**. Dissertação de mestrado. Brasília: UnB/IdA, 2006
- PAIVA, Sonia M. C.. **Encenação Pictórica: Uma Abordagem Transdisciplinar**. Dissertação de mestrado. Brasília: UnB/IdA, 2006

PAIVA, Sonia. **Encenação: Percurso pela Criação, Planejamento e Produção Teatral**. Brasília. Editora da Universidade de Brasília, 2011

PARK, K H, Kim K J, Oh S R, and Suh H. **A Miniature Robot Musical Using Roboid Studio**, Paper presented at the Workshop “What do Collaborations with the Arts Have to Say About Human-Robot Interaction?” Held at the 2010 Human- Robot Interaction Conference, in Osaka, Japan. 2010

PAVIS, Patrice. **A Encenação Contemporânea: Origens, Tendências, Perspectivas**. Traduzido por Nanci Fernandes. São Paulo. Perspectiva, 2010

PENNY. Simon. **Embodied Cultural Agents: At the Intersection of Robotics**, Cognitive Science and Interactive Art. In AAAI Technical Report FS-9702. 1997

Project Management Institute (PMI). **Project Management Body of Knowledge (PMBOK)**. 2004

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

SONE, Y. **Realism of the Unreal: The Japanese Robot and the Performance of Representation**. Visual Communication, SAGE, 2008. Available at : <http://vcj.sagepub.com/content/7/3/345>

STEINHEIDER. Brigitte e LEGRADY. George. Interdisciplinary Collaboration in Digital Media Arts: A Psychological Perspective on the Production Process. In: **Leonardo**, Vol.37, nº4, pp.315-321. 2004

ST-ONGE, D. and Reeves N. **Human Interaction with Flying Cubic Automata**, Paper presented at the Workshop “What do Collaborations with the Arts Have to Say About Human-Robot Interaction?” Held at the 2010 Human- Robot Interaction Conference, in Osaka, Japan. 2010

TILLIS, Steve. **Toward an Aesthetics of the Puppet. Puppetry as a Theatrical Art**. New York. Greenwood Press. 1992

VENTURELLI, Suzete. **Arte: Espaço\_Tempo\_Figura**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2004.

VENTURELLI, Suzete & MACIEL, Mario L. B. **Figura Interativa**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2008.

VELONAKI, M. and Rye D. **Human-Robot Interaction in a Media Art Environment**. Paper presented at the Workshop “What do Collaborations with the Arts Have to Say About Human-Robot Interaction?” Held at the 2010 Human- Robot Interaction Conference, in Osaka, Japan. 2010

VELONAKI, M. Tawil S. D. and Rye D. Engagement, Trust, Intimacy: Touch Sensing for Human-Robot Interaction. In: **Second Nature**, Issue nº3, march 2010

VIANA, D. M. ; **ZAMBONI, J. G.** ; André Luiz Gonçalves de Paiva ; Gaspar, G. G. ; Vidal, F. B. ; Gomes, J. G. ; Ferreira, F. de O. ; SOUZA, N. C. A. . Arte, computação e engenharia no desenvolvimento e construção de um personagem robótico. In: XL Congresso Brasileiro de

Educação em Engenharia, 2012, Belém. Anais do XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2012.

VIANA, D. M., Alencar R.F., R. N., Koffi A. C. K. M., Garrossini D. F., **Projetos Integradores: Uma Reflexão Sobre a Aplicação de Experiências com Base na Aprendizagem Orientada por Projetos**. In: **XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. 2011

VIANA, D. M. ; SANTANA, Adriano C.; SILVA, M. F. S. E.; ABDALA, Humberto . The project-based learning as a tool for development of soft skills in engineering curricula. In: **20th International Congress of Mechanical Engineering**. 2009, Gramado. COBEM 2009 - Engineering for the Future, 2009.

\_\_\_\_\_. **Including Integrating Projects in Engineering Curricula**. WSEAS TRANSACTIONS on ADVANCES in ENGINEERING EDUCATION, v. 8, p. 73-82, 2011.

VIANA, D. M. ; ZAMBONI, J. G. ; FRAGOSO, M. L. P. G. ; Vidal, F. B. ; Silva, J. Y. A ; SOUZA, N. C. A. ; OLIVEIRA, P. H. M ; Gomes, J. G. ; Gaspar, G. G. ; Ferreira, F. de O. ; Paiva, A. L. G. . Viabilizando uma produção de obra de arte robótica por meio de metodologia de aprendizagem baseada em projetos. In: 11 Encontro internacional de arte e tecnologia (#11.ART): homo aestheticus na era digital, 2012, Brasília. Anais do 11 Encontro internacional de arte e tecnologia (#11.ART): homo aestheticus na era digital, 2012

VORN, Bill. Adaptive Machines for Interactive Robotic Art Installations. In: **Machines Agency: Artistic Perspectives**. University of the Arts (Bremen, Germany), eds. Christoph Lischka, Andrea Sick, 2007, pp.180-190

VORN, Bill. Machine Mediated Communication: Agents of Representation. In: **Human Cognition and Social Agent Technology**. "Advances in Consciousness Research", no. 19, eds. for Kerstin Dautenhahn, p. 377-393. Amsterdam (Netherlands): John Benjamin Publishing, 2000

WIENER, Norbert. **Cibernética: ou Controle e Comunicação no Animal e na Máquina**. Traduzido por Gita K. Ghinzberg. São Paulo. Editora Polígono. 1970

WHITAKER, Harold e HALAS, Joun. **Timing for Animation**. London, Focal Press, 2009

WILSON, Steve. **Information Arts: Intersections of Art, Science, and Technology**. Cambridge, Massachusetts. The MIT Press. 2003

ZAMBONI, J. G. ; André Luiz Gonçalves de Paiva ; FONTANA, I. S. ; SOUZA, N. C. A. ; VIANA, D. M. ; PAIVA, S. M. C. ; FRAGOSO, M. L. P. G. . Desenvolvimento de personagem robótico e interativo. In: 10 Encontro Internacional de Arte e Tecnologia (#10.ART): modus operandi universal, 2011, Brasília. 10 Encontro Internacional de Arte e Tecnologia (#10.ART), 2011.

ZORDAN V. B., CELLY B., CHIU B., and DILORENZO P. C. **Breathe Easy: Model and Control of Simulated Respiration for Animation** Editors R. Boulic, D. K. Pai. Eurographics/ACM SIGGRAPH Symposium on Computer Animation (2004)