The background is a solid purple color. It is decorated with various abstract geometric patterns. These include thin lines of different colors (purple, green, blue, yellow) connecting small circles and squares. Some lines are straight, while others are curved or zigzag. There are also larger, semi-transparent shapes like circles and squares scattered across the page. The overall aesthetic is clean and modern, with a focus on geometric forms and movement.

morfogênese

Tiago Barros P. e Silva



**Universidade de Brasília - UnB
Instituto de Artes - IdA
Programa de Pós-Graduação em Arte**

Tiago Barros Pontes e Silva

Morfogênese: sistema autopoietico emergente de vida artificial

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arte, área de concentração em Arte Contemporânea, linha de pesquisa Arte e Tecnologia, do Instituto de Artes - IdA da Universidade de Brasília - UnB como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Arte.

*Orientadora: Prof.^a Dr.^a Suzete Venturelli
Co-orientador: Prof. Dr. Guilherme Novaes Ramos*

Brasília, 2014

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília. Acervo 1013300.

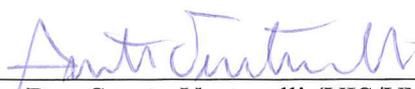
Silva, Tiago Barros Pontes e.
S586m Morfogênese : sistema autopoietico emergente de vida artificial / Tiago Barros Pontes e Silva. -- 2013.
xxx, 293 f. : il. ; 30 cm.

Tese (doutorado) - Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Arte, Instituto de Artes, 2013.
Inclui bibliografia.
Orientação: Suzete Venturelli.

1. Arte. 2. Vida. 3. Evolução. I. Venturelli, Suzete, orientadora. II. Título.

CDU 7:004

**TESE E PRODUÇÃO IMAGÉTICA DE DOUTORADO EM ARTE
APRESENTADA AOS PROFESSORES:**



Professora Dra. Suzete Venturelli (VIS/UNB)
ORIENTADORA



Professora Dra. Carla Denise Castanho (UNB)
MEMBRO EXTERNO



Professora Dra. Fátima Aparecida dos Santos (DIN/UNB)
MEMBRO INTERNO



Professora Dra. Virginia Tiradentes Souto (DIN/UNB)
MEMBRO INTERNO



Professora Dra. Daniela Kutschath Hanns (USP)
MEMBRO EXTERNO

Vista e permitida a impressão
Brasília, segunda-feira 17 de fevereiro de 2014.

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

Ao meu filho Luca, que me continua.

Gostaria de agradecer à minha esposa Karen pelo estímulo em me fazer crescer a cada experiência, abraçando seus riscos e desafios.

Agradeço também à toda minha Família, em especial à minha mãe Sandra, com quem sempre pude contar em todos os momentos, pelo amparo e carinho irrestritos que me fazem querer ser uma pessoa melhor todos os dias.

À minha orientadora Suzette Venturelli pelo acolhimento e oportunidade que me foi cedida e também pela confiança e incentivo ao longo do caminho.

Ao co-orientador Guilherme Ramos pelas diversas manhãs de discussões teóricas despendidas com muito empenho e bom-humor.

Aos membros da banca, Daniela Hanns, Carla Castanho, Rogério Camara, Fátima Aparecida e Virginia Souto, pelas orientações e contribuições realizadas.

À Marília Bergamo por toda a ajuda com o desenvolvimento da Morfogênese, pelas discussões sobre Arte e pela companhia nesse trabalho solitário.

Ao Francisco Barretto por ter me iniciado no mundo da programação e, com muita paciência, ter me explicado sintaxes básicas e o seu potencial emergente.

Aos amigos Alexandre Silvino e Maurício Sarmet pelos momentos de reflexão proporcionados pelas nossas infinitas discussões sobre o conhecimento, o mundo e a vida.

*A vida não é algo místico.
Não há centelha mágica que a anime.
A vida é um processo.
É interação entre matéria e energia,
descrita pelas leis da física e da química.
As mesmas leis que descrevem o cair da chuva
ou o brilho das estrelas.*

Erwin Schrödinger (1943).

Resumo

Dos sistemas complexos que nos circundam emergem padrões não previstos que organizam nossas cidades, nossas comunicações, a sociedade e a vida como um todo. A influência de um indivíduo em tais padrões não pode ser dimensionada no nível micro de suas ações, pois seus efeitos são incrementos de relações programadas que orientam a construção das abstrações emergentes. Assim surge a proposta poética da Morfogênese, que versa sobre a imprevisibilidade dos desdobramentos de nossas ações frente à complexidade dos sistemas que nos contornam. Sua poética é voltada para uma transposição dos padrões emergentes dos sistemas vivos para um contexto metafórico de composição das imagens, como se fosse possível observar em um microscópio as células vivas de toda imagem brigando para impor suas formas, cores e sons. Ela consiste em uma poética proposta enquanto arte computacional evolutiva, que utiliza um sistema adaptativo complexo multiagentes, constituído por algoritmos genéticos e inteligência artificial em enxame, para gerar comportamentos de locomoção, alimentação, confronto e reprodução, assim como interações mais complexas, como a colaboração ou a submissão. Todos esses comportamentos são programados no âmbito dos indivíduos, dos quais emergem os macro padrões de comportamento dos grupos, importantes para a sua adaptação e manutenção no tempo, simulando-se o processo evolutivo. Ao longo do relato são apresentados outros projetos que serviram como inspiração conceitual, estrutural e formal para o trabalho proposto. Também é discutido o seu processo de concepção, assim como são exibidos alguns de seus arranjos, as situações de comportamentos emergentes identificados e as experiências com os interatores nas exposições realizadas. Ao final, é realizada uma discussão sobre os seus extratos de significação.

Palavras-chave: Arte Computacional Evolutiva, Arte Gerativa, emergência, vida artificial e evolução.

Abstract

Unpredictable patterns emerge from the systems that embrace us. They organize our cities, communications, society and our lives as a whole. The micro level of individual's actions cannot be used as a measure of their influence in such systems. Their behavior result from the incremental programmed relations that guide the construction of the emerging abstractions. In this context it is presented the Morphogenesis, which comprehends the unpredictability of our actions facing the complexity of our surrounding systems. This poetic approaches the emerging patterns of the living systems applied to the metaphoric world of images. It works as if it was possible to watch the very cells of every picture fighting to impose its forms, colors and sounds. The Morphogenesis is presented in the field of computational evolutionary art. It was developed as a multi-agents complex adaptive system, built with genetic algorithms and swarm intelligence to generate movement, feeding, fighting and reproduction behaviors. Also, it elicits more complex interactive behaviors, like collaboration and submission. All these behaviors are programed at the individual level, from which emerge the macro patterns of the groups, simulating the evolutionary process. Along the sections, other studies are presented as inspirations in terms of concepts, structures or interfaces. Furthermore, it's creation method is detailed, some compositions are presented, the emerging behaviors are explained and the first experiences with the public are described. To conclude is presented a discussion about the levels of significance suggested by the Morphogenesis.

Keywords: *Computational Evolutionary Art, Generative Art, emergence, artificial life and evolution.*

Lista de ilustrações

<i>Figura 1: representação do processo de Enação e co-emergência das unidades autopoieticas e ambiente, que constituem o processo de vida, retirado de Luisi (2003).</i>	19
<i>Figura 2: relação entre a complexidade efetiva e o nível de organização do sistema, retirado de Galanter (2003).</i>	36
<i>Figura 3: esquema ilustrativo da Teoria Espacial de Newel e Simon (1972), adaptado de Sterberg (2000).</i>	43
<i>Figura 4: Modelo Genérico de Design baseado no processo de Resolução de Problemas.</i>	47
<i>Figura 5: elementos componentes do processo de Design, retirado de Moggridge (2007).</i>	50
<i>Figura 6: esquema ilustrativo do Cognitive Architecture Process – CAP*, adaptado de Sternberg (2000).</i>	51
<i>Figura 7: fórmula de Birkhoff (1932) para a medida estética (M), que relaciona ordem (O) e complexidade (C) de maneira inversamente proporcional.</i>	58
<i>Figura 8: fórmula de Eysenck (1941) para a medida estética (M), que relaciona ordem (O) e complexidade (C) como complementares na avaliação dos estímulos.</i>	59
<i>Figura 9: atividade do sistema primário de recompensa e sistema de aversão em função do Potencial de Excitação do estímulo, retirado de Nadal (2007).</i>	60
<i>Figura 10: tom hedônico resultante em função do Potencial de Excitação do estímulo e dos sistemas de recompensa e aversão, retirado de Galanter (2010).</i>	61
<i>Figura 11: resultados que ilustram a curva de regressão dos três fatores de complexidade significativos quanto a variância em avaliações estéticas, retirado de Nadal et al. (2010).</i>	64
<i>Figura 12: exemplo de Biomorfos modificados geneticamente para que o interator escolha com base em sua afinidade, que deverá fornecer o novo modelo para os cruzamentos genéticos e compor a população seguinte, retirado de Dawkins (1986).</i>	74
<i>Figura 13: esquema ilustrativo da relação entre o número de escolhas permitidas aos jogadores, o nível de dificuldade da situação e o tempo de aprendizado do jogo, que define o estado de imersão ideal conhecido como flow, retirado de Rabin (2005).</i>	81
<i>Figura 14: composição da série Lichtformen (1953-55) de Herbert Franke.</i>	84

<i>Figura 15: outro exemplo de composição da série Lichtformen (1953-55) de Herbert Franke.</i>	85
<i>Figura 16: Oscilograma (1956) de Herbert Franke.</i>	85
<i>Figura 17: composição da série Electronic Graphics (1961-62) de Herbert Franke.</i>	86
<i>Figura 18: outra composição da série Electronic Graphics (1961-62) de Herbert Franke.</i>	86
<i>Figura 19: projeção da animação da rotação tridimensional de um hipercubo de quatro dimensões, de A. Michael Noll (1962).</i>	87
<i>Figura 20: Gaussian Quadratic (1962), de A. Michael Noll.</i>	88
<i>Figura 21: Vertical-Horizontal number 3 (1964), de A. Michael Noll.</i>	88
<i>Figura 22: Computer Composition With Lines (1964), de A. Michael Noll.</i>	89
<i>Figura 23: Composition With Lines (1917), de Piet Mondrian.</i>	90
<i>Figura 24: Random Polygon number 7 (1965), de Frieder Nake.</i>	91
<i>Figura 25: Number 2 (1956-57), de Frieder Nake.</i>	91
<i>Figura 26: Prostor p1 v19 Plotted Drawing (1969), de Edward Zajec.</i>	92
<i>Figura 27: Spatial Metaphor M2 Plotted Drawing (1972), de Edward Zajec.</i>	93
<i>Figura 28: RAM 10/4 (1969), de Edward Zajec.</i>	94
<i>Figura 29: RAM 2/6 (1969), de Edward Zajec.</i>	94
<i>Figura 30: TVC – The Cube Schematic (1971), de Edward Zajec, retirado de DAM (1999).</i>	95
<i>Figura 31: TVC – The Cube Schematic (1971), de Edward Zajec, retirado de DAM (1999).</i>	96
<i>Figura 32: TVC1 Plotted Drawing (1971), de Edward Zajec, retirado de DAM (1999).</i>	96
<i>Figura 33: TVC2 Plotted Drawing (1971), de Edward Zajec, retirado de DAM (1999).</i>	97
<i>Figura 34: TVC5 Plotted Drawing (1971), de Edward Zajec, retirado de DAM (1999).</i>	97
<i>Figura 35: Scratch Code P-021/B (1969), de Manfred Mohr, retirado de DAM (1999).</i>	98
<i>Figura 36: Scratch Code P-050/R (1970), de Manfred Mohr, retirado de DAM (1999).</i>	99

<i>Figura 37: Tentacles Growth Patterns (1982), de Yoichiro Kawaguchi, que representa modelos de estruturas derivadas de um algoritmo comum de crescimento.</i>	100
<i>Figura 38: Evolution of Form (1989), de William Latham.</i>	101
<i>Figura 39: Genetic Images (1993), de Karl Sims.</i>	101
<i>Figura 40: Mosaic Egg #2 (2013), de Karl Sims.</i>	102
<i>Figura 41: A-Volve (1994), de Sommerer e Mignonneau.</i>	103
<i>Figura 42: versão mais atual do Tierra de Thomas Ray, gerado pelo Monitor de Vida Artificial (ALmond) de Marc Cygnus, retirado de <http://life.ou.edu/pubs/images/>.</i>	104
<i>Figura 43: Avida (1993), de Ofria, Chris Adami e C. Titus Brown, inspirado no sistema Tierra.</i>	105
<i>Figura 44: versão mais atual do Avida, que permite uma visualização mais precisa dos controles e configurações da população e dos resultados de sua evolução.</i>	105
<i>Figura 45: criatura composta por blocos que desenvolveu comportamento de nado em Evolved Virtual Creatures (1994), de Karl Sims.</i>	108
<i>Figura 46: criaturas compostas por blocos que desenvolveram comportamentos específicos de competição em Evolved Virtual Creatures (1994), de Karl Sims.</i>	109
<i>Figura 47: exemplo de evolução em loop com os famosos gliders do Game of Life (1970), de John Conway.</i>	110
<i>Figura 48: Tanque de Esboços (SILVA, 2011), experimentação estética que inspirou a concepção da Morfogênese.</i>	111
<i>Figura 49: Several Circles (1926), de Kandinsky.</i>	113
<i>Figura 50: Circles in a Circle (1923), de Kandinsky.</i>	113
<i>Figura 51: Cat Encircled by the Flight of a Bird (1941), de Joan Miró.</i>	114
<i>Figura 52: Segunda Natureza (2009), de Miguel Chevalier.</i>	115
<i>Figura 53: Mira (2005), de Lia Something.</i>	116
<i>Figura 54: Sum05 iPad 007 (2012), de Lia Something.</i>	116
<i>Figura 55: Sum05 iPad 008 (2012), de Lia Something.</i>	117
<i>Figura 56: Objetos Cinéticos (1966), de Palatnik.</i>	118
<i>Figura 57: jogo Flow (2006), de Jenova Chen.</i>	119

<i>Figura 58: Turing e algumas ilustrações relacionadas a sua obra The Chemical Basis of Morphogenesis (1952), inspiração para o presente estudo.</i>	121
<i>Figura 59: janela do Processing ilustrando o código de exemplo para a criação de uma linha estática, similar a utilizada na Morfogênese.</i>	123
<i>Figura 60: linha de cinco pontos calculada dinamicamente pelo código.</i>	133
<i>Figura 61: linhas que constituem o corpo dos agentes com um laço em sua formação.</i>	134
<i>Figura 62: dois seres com diferentes formas geométricas em seus membros.</i>	135
<i>Figura 63: cena com cem criaturas geradas aleatoriamente, de acordo com os parâmetros apresentados, ilustrando a diversidade possível a partir desses parâmetros.</i>	136
<i>Figura 64: dois seres gerados aleatoriamente com diferentes cores.</i>	137
<i>Figura 65: outro exemplo com dois seres gerados aleatoriamente com diferentes cores.</i>	137
<i>Figura 66: criaturas mortas em fase de decomposição.</i>	139
<i>Figura 67: indivíduos mortos em diferentes tempos de decomposição, ilustrados pelos seus distintos níveis de opacidade.</i>	140
<i>Figura 68: as oito casas em azul ilustram as possíveis posições a serem ocupadas pelo pixel central de acordo com o Movimento Browniano definido.</i>	142
<i>Figura 69: Círculo Trigonométrico, utilizado para o cálculo mais preciso de deslocamento dos agentes computacionais sob a influência de outras criaturas, retirado de <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:CirculoTrigonometrico.svg>.</i>	144
<i>Figura 70: função que determina um movimento randômico, utilizado para determinar a flutuação desejada para variáveis de deslocamento, tamanhos e ângulos na Morfogênese.</i>	146
<i>Figura 71: equação que determina um movimento de aproximação lento e desacelerado, denominado easing.</i>	147
<i>Figura 72: criatura com o corpo esticado devido ao deslocamento de sua cabeça e o easing que arrasta seu corpo.</i>	148
<i>Figura 73: criatura sem e com o destaque em seu último ponto, ilustrando visualmente o momento em que o seu som é reproduzido.</i>	153
<i>Figura 74: cálculo de colisão realizado, no qual a linha que une as cabeças dos agentes é meramente ilustrativa e representa o resultado visual armazenado nas variáveis.</i>	162

<i>Figura 75: outro exemplo do cálculo de colisão realizado, no qual a linha que une as cabeças dos agentes é meramente ilustrativa e representa o resultado visual armazenado nas variáveis.</i>	162
<i>Figura 76: indivíduo sendo ameaçado por um inimigo: um triângulo sem preenchimento pode ser visto sobre a sua segunda forma geométrica (dorso).</i>	170
<i>Figura 77: indivíduo sendo ameaçado por mais de um inimigo ao mesmo tempo: os triângulos em seu dorso possuem ângulos distintos para evitar a sua sobreposição.</i>	171
<i>Figura 78: indivíduo ameaçando um inimigo mais fraco: um quadrado sem preenchimento pode ser visto sobre a sua segunda forma geométrica (dorso).</i>	172
<i>Figura 79: indivíduo ao centro ameaçando mais de um inimigo ao mesmo tempo: os quadrados em seus dorsos possuem ângulos distintos para evitar a sua sobreposição.</i>	172
<i>Figura 80: indivíduo ameaçando um inimigo enquanto foge de outro: são mostrados o quadrado e o triângulo ao mesmo tempo em seu dorso.</i>	173
<i>Figura 81: indivíduo maduro e pronto para o cruzamento: um círculo é desenhado em seu penúltimo ponto como sinal da ovulação.</i>	174
<i>Figura 82: indivíduo maduro se deslocando em busca do par para o cruzamento: um círculo sem preenchimento é desenhado em seu penúltimo ponto, o mesmo de seu óvulo.</i>	175
<i>Figura 83: formação de grupos com compartilhamento de cores.</i>	177
<i>Figura 84: formação de grupos na versão atual do sistema. Nessa variante, as cores próximas significam graus de parentesco, e suas composições se tornam mais originais.</i>	178
<i>Figura 85: situação complexa gerada pelo comportamento coletivo dos agentes: diversos grupos ocupam o ambiente em um emaranhado de linhas e formas.</i>	179
<i>Figura 86: doze momentos do processo de cruzamento, incluindo a ovulação, a cópula e o nascimento do filho com a mescla das características de seus pais.</i>	181
<i>Figura 87: cruzamento envolvendo vários indivíduos ao mesmo tempo, com alguns deles se tornando satisfeitos e se desligando da cópula.</i>	182
<i>Figura 88: filho encolhido, situado entre os seus pais no momento do seu nascimento.</i>	183

<i>Figura 89: equação que retorna o valor do menor número, seja ele A ou B, sem o uso de condições de avaliação.</i>	<i>185</i>
<i>Figura 90: equação que retorna o valor do maior número, seja ele A ou B, sem o uso de condições de avaliação.</i>	<i>185</i>
<i>Figura 91: oito momentos do processo de mutação ocorrido durante o acasalamento de indivíduos retangulares, mas com muitos genes triangulares em seu DNA.</i>	<i>188</i>
<i>Figura 92: momento de contato entre as criaturas durante uma briga: um quadrado é desenhado em suas cabeças e o seu som é reproduzido.</i>	<i>190</i>
<i>Figura 93: indivíduo se alimentando da carcaça de um inimigo morto: um quadrado sem preenchimento é desenhado em sua cabeça.</i>	<i>192</i>
<i>Figura 94: indivíduo preso no terceiro ponto do corpo de um semelhante: as suas cores, sons e tamanhos passam por uma adaptação, tornando-os membros do outro ser. Esse comportamento não ocorre na versão mais atual da poética.</i>	<i>193</i>
<i>Figura 95: indivíduo preso no terceiro ponto do corpo de um inimigo: enquanto está preso o inimigo é ameaçado pelo opressor. As suas cores, sons e tamanhos passam por uma adaptação, tornando-os membros do outro ser. Esse comportamento não ocorre na versão mais atual da poética.</i>	<i>194</i>
<i>Figura 96: indivíduo preso no terceiro ponto do corpo de um semelhante na versão mais atual da poética.</i>	<i>195</i>
<i>Figura 97: indivíduo preso no terceiro ponto do corpo de um inimigo enquanto é ameaçado por ele, na versão mais atual da poética.</i>	<i>195</i>
<i>Figura 98: outra possibilidade ocasionada pelo uso das linhas: indivíduos irmãos presos um ao corpo do outro em um abraço da morte do qual não podem escapar.</i>	<i>196</i>
<i>Figura 99: situação de auto-organização do sistema, ocorrida exclusivamente a partir das suas interações endógenas, apresenta o conflito entre agentes triangulares e circulares.</i>	<i>197</i>
<i>Figura 100: três exemplos de composições com cores de fundo dinâmicas, geradas a partir da média das cores de cada indivíduo.</i>	<i>201</i>
<i>Figura 101: composição que apresenta a cena inteira e cor de plano de fundo dinâmica, gerada a partir da média das cores de cada indivíduo.</i>	<i>201</i>
<i>Figura 102: composição que apresenta a cor dinâmica de plano de fundo gerada a partir da inversão da média das cores dos indivíduos.</i>	<i>203</i>

<i>Figura 103: composição que considera apenas as cores de agentes vivos no ambiente para determinar a cor do plano de fundo.</i>	204
<i>Figura 104: três exemplos de composições com tons de cinza gerados dinamicamente em seu plano de fundo.</i>	205
<i>Figura 105: composição com uso de preto em seu plano de fundo.</i>	206
<i>Figura 106: composição com uso de branco em seu plano de fundo.</i>	206
<i>Figura 107: composição com fundo branco apresentando somente a silhueta dos agentes.</i>	207
<i>Figura 108: composição com fundo branco e agentes que deixam um rastro de desenho na cena, utilizada para fazer ilustrações randômicas ou baseadas em uma imagem real.</i>	207
<i>Figura 109: composição com plano de fundo que apresenta uma imagem obtida pela câmera. Os agentes analisam a imagem pela sua afinidade cromática.</i>	208
<i>Figura 110: grupos de agentes lutando para dominar o ambiente.</i>	211
<i>Figura 111: ambiente dominado por um grupo, que se subdivide em grupos menores.</i>	211
<i>Figura 112: grupo colaborativo de triângulos atuando em conjunto se divide em dois para eliminar o grupo de retângulos em direções postas.</i>	212
<i>Figura 113: ambiente tomado por grupos – as cores são homogêneas dentro dos grupos e não possuem nenhum outro significado associado devido ao seu processo de constituição.</i>	213
<i>Figura 114: as cores em comum representam graus de parentesco entre os agentes.</i>	215
<i>Figura 115: a população presente nessa composição demonstra como a variabilidade genética tende a diminuir ao longo das gerações em versões antigas da Morfogênese.</i>	216
<i>Figura 116: a combinação de genes torna a distribuição de cores mais orgânica e atraente.</i>	217
<i>Figura 117: comportamento de fuga causado pelo toque do interator, representado pelos círculos com as cores dos agentes provocados.</i>	220
<i>Figura 118: comportamento de atração causado pelo toque do interator, representado pelos quadrados com as cores dos agentes provocados.</i>	221

<i>Figura 119: simulação que ilustra o uso de um joystick de PS3 para o controle de um indivíduo na Morfogênese, destacado pelos três círculos em sua cabeça.</i>	<i>223</i>
<i>Figura 120: meu filho Luca brinca com as formas que tentam se posicionar em sua cabeça.</i>	<i>224</i>
<i>Figura 121: à esquerda pode ser visualizada a imagem capturada pela câmera e à direita o resultado no comportamento dos agentes deixado pelo seus rastros.</i>	<i>225</i>
<i>Figura 122: outro exemplo de composição gerada dinamicamente pela Morfogênese à partir da imagem capturada pela câmera.</i>	<i>225</i>
<i>Figura 123: mais uma composição de desenho figurativo esboçado pelo comportamento dos agentes na Morfogênese.</i>	<i>226</i>
<i>Figura 124: gráfico de frequência de indivíduos vivos em um acionamento do sistema.</i>	<i>229</i>
<i>Figura 125: informações relativas ao estado da situação atual do sistema, ilustrada pela barra de texto que contém as variáveis de controle e frequência dos indivíduos.</i>	<i>230</i>
<i>Figura 126: informações relativas ao estado interno do indivíduo, como sua quantidade de energia exata, a nota por ele reproduzida ou o seu nível de adaptação em comparação aos outros agentes do ambiente.</i>	<i>231</i>
<i>Figura 127: informações relativas ao estado interno do indivíduo apresentadas juntamente com todo o seu DNA.</i>	<i>231</i>
<i>Figura 128: informações relativas à colisão dos agentes e dos efeitos do toque na tela são apresentadas pela interface da Morfogênese visando facilitar o seu diagnóstico.</i>	<i>232</i>
<i>Figura 129: composição gerada pela Morfogênese com escala manual.</i>	<i>236</i>
<i>Figura 130: outro exemplo de composição gerada pela Morfogênese com escala manual.</i>	<i>237</i>
<i>Figura 131: composição gerada pela Morfogênese com uso de escala automática.</i>	<i>238</i>
<i>Figura 132: composição gerada pela Morfogênese com fundo azul claro.</i>	<i>239</i>
<i>Figura 133: composição gerada pela Morfogênese com fundo rosa avermelhado.</i>	<i>239</i>
<i>Figura 134: composição gerada pela Morfogênese com fundo rosa.</i>	<i>240</i>
<i>Figura 135: composição gerada pela Morfogênese com fundo amarelo esverdeado.</i>	<i>240</i>
<i>Figura 136: composição gerada pela Morfogênese com fundo verde claro.</i>	<i>241</i>

<i>Figura 137: composição gerada pela Morfogênese com fundo entre o roxo e o marrom.</i>	<i>241</i>
<i>Figura 138: composição gerada pela Morfogênese com fundo verde escuro.</i>	<i>242</i>
<i>Figura 139: composição gerada pela Morfogênese com fundo ocre.</i>	<i>242</i>
<i>Figura 140: composição com tons de cinza próximos à colônia de quadrados, gerados pelos seus indivíduos mortos, semelhante a um coral.</i>	<i>244</i>
<i>Figura 141: outro exemplo de composição com tons de cinza próximos à colônia de quadrados, gerados pelos indivíduos mortos, semelhante a um coral.</i>	<i>244</i>
<i>Figura 142: composição gerada pela Morfogênese com diversas colônias dispersas.</i>	<i>245</i>
<i>Figura 143: outro exemplo de composição gerada pela Morfogênese com diversas colônias dispersas, em uma visão macro e número populacional alto.</i>	<i>246</i>
<i>Figura 144: composição gerada pela Morfogênese em seus momentos iniciais, os mais conturbados da poética.</i>	<i>247</i>
<i>Figura 145: outra composição gerada pela Morfogênese em seus momentos iniciais.</i>	<i>247</i>
<i>Figura 146: composição gerada pela Morfogênese em seus momentos iniciais com a cor de fundo definida manualmente para preto.</i>	<i>248</i>
<i>Figura 147: composição gerada pela Morfogênese em seus momentos iniciais com a cor de fundo definida manualmente para branco.</i>	<i>248</i>
<i>Figura 148: composição da Morfogênese que ilustra uma população com pouca variabilidade genética, demonstrando a origem de um Último Ancestral Universal Comum, como em nosso planeta.</i>	<i>251</i>
<i>Figura 149: situação posterior na qual a mutação apresentada foi transmitida a todos os indivíduos da nova população algumas gerações depois.</i>	<i>251</i>
<i>Figura 150: situação anterior às composições apresentadas, na qual ainda havia variabilidade genética no ambiente, que foi eliminada aos poucos.</i>	<i>252</i>
<i>Figura 151: situação ocorrida após diversas gerações no contexto ilustrado pelas figuras anteriores, no qual a diversidade genética voltou a fazer parte do sistema.</i>	<i>253</i>
<i>Figura 152: situação inicial do sistema, com 100 agentes randômicos.</i>	<i>255</i>
<i>Figura 153: composição gerada por situação já adaptada do sistema, com cerca de 100 agentes gerados pelos cruzamentos ocorridos em sua adaptação.</i>	<i>255</i>

<i>Figura 154: novo exemplo de composição gerada por situação inicial do sistema, com 100 agentes randômicos em um fundo colorido.</i>	256
<i>Figura 155: novo exemplo de composição gerada por situação já adaptada do sistema, com pouco mais de 100 agentes gerados pelos cruzamentos ocorridos em sua adaptação, também em fundo colorido.</i>	257
<i>Figura 156: novos fenótipos emergentes da Morfogênese após 132 gerações.</i>	258
<i>Figura 157: comportamento de cardumes de triângulos e predadores quadrados e círculos na ecologia da Morfogênese.</i>	260
<i>Figura 158: outro exemplo de comportamento de cardumes de triângulos e predadores quadrados e círculos na ecologia da Morfogênese.</i>	260
<i>Figura 159: Mais um exemplo de comportamento de cardumes de círculos em rede ameaçados por um predador quadrado na Morfogênese.</i>	261
<i>Figura 160: comportamento de grupos de semelhantes (cabeças e rabos iguais) e teias (cabeça e pescoços iguais) combinados em uma composição na Morfogênese.</i>	262
<i>Figura 161: comportamento de grupos de círculos que escravizaram triângulos em suas redes na Morfogênese.</i>	263
<i>Figura 162: comportamento de colônias irmãs de quadrados formadas somente por grupos cooperativos em uma composição da Morfogênese.</i>	264
<i>Figura 163: tela SmartBoard utilizada para exposição da Morfogênese.</i>	266
<i>Figura 164: interação do público com a na exposição EmMeio#4.0.</i>	267
<i>Figura 165: outro exemplo de interação do público com a na exposição EmMeio#4.0.</i>	268
<i>Figura 166: mais um exemplo de interação do público com a na exposição EmMeio#4.0.</i>	268
<i>Figura 167: Morfogênese exposta na Mostra de Artes do SBGames 2012.</i>	269
<i>Figura 168: interação do público com a Morfogênese na Mostra de Artes do SBGames 2012.</i>	270
<i>Figura 169: configuração da instalação com uso do joystick para a mostra EmMeio#5.0.</i>	272
<i>Figura 170: Morfogênese na mostra EmMeio#5.0.</i>	273
<i>Figura 171: exemplo de interação na configuração da mostra EmMeio#5.0.</i>	273

<i>Figura 172: situação de interação com o público na mostra EmMeio#5.0.</i>	274
<i>Figura 173: meu filho Luca, cutucando as formas geométricas que inspirou a nascer.</i>	276
<i>Figura 174: Luca vendo as formas geométricas fugirem ao seu toque.</i>	276
<i>Figura 175: versão concebida em parceria com o professor Guilherme Novaes Ramos.</i>	277
<i>Figura 176: versão concebida em parceria com Fabrício Nogueira Buzeto, na qual os agentes podem migrar de uma aplicação para a outra por meio de uma rede wifi, ilustrada pelo uso de uma máquina virtual.</i>	279

Sumário

<i>Introdução: esboços</i>	1
<i>Trajatória e vieses autobiográficos</i>	11
SEÇÃO I - A CENTELHA DE VIDA	13
1.1 <i>O estudo da Vida</i>	15
1.2 <i>Computação Evolutiva</i>	22
1.3 <i>Arte Computacional Evolutiva</i>	30
1.4 <i>Design de Interação</i>	40
1.5 <i>Estética e Neuroestética</i>	56
SEÇÃO II - PRECIPITAÇÕES POÉTICAS	71
2.1 <i>Da fruição à interatividade</i>	73
2.2 <i>Ecologias em silício</i>	83
2.3 <i>A origem das formas microscópicas</i>	107
2.4 <i>Dando vida aos rabiscos</i>	122
SEÇÃO III - AS LEIS DA CRIAÇÃO	129
3.1 <i>Os agentes geométricos</i>	131
3.1.1 <i>Primeiros traços</i>	132
3.1.2 <i>Linhas que se movem</i>	141
3.1.3 <i>Formas coaxantes</i>	151
3.1.4 <i>Nasce uma vida artificial</i>	155
3.2 <i>Formas interativas</i>	159
3.2.1 <i>Quando as formas colidem</i>	160
3.2.2 <i>Traços desenhados</i>	165
3.2.3 <i>Geometrias reagentes</i>	168
3.2.4 <i>Riscos sobrepostos</i>	180
3.3 <i>O mundo além dos indivíduos</i>	197
3.3.1 <i>O éter dos agentes geométricos</i>	198
3.3.2 <i>Refinamentos poéticos</i>	210
3.3.3 <i>Sobre a vida fora do aquário</i>	218
SEÇÃO IV - EMERGÊNCIA: COMPOSIÇÕES VIVAS	233
4.1 <i>Arranjos efêmeros: poética autopoietica</i>	235
4.2 <i>Comportamentos emergentes na colônia Euclidiana</i>	249
4.3 <i>Contatos imediatos de quinto grau</i>	265
4.4 <i>A afirmação da Morfogênese</i>	280
<i>Conclusão: renderização dos pensamentos poéticos</i>	291
<i>Referências Bibliográficas</i>	

Introdução: esboços

Vivemos em um contexto de evolução tecnológica constante, que transforma e modifica a maneira como nos relacionamos com outras pessoas, objetos e o mundo à nossa volta. A redução dos microprocessadores, a ubiquidade computacional, a portabilidade e o uso de redes sociais são exemplos de tecnologias que ocasionam desdobramentos diretos nas relações sociais contemporâneas. A celeridade desse novo padrão social reflete na maneira como organizamos nosso cotidiano: os tempos são acelerados, a necessidade de comunicação imediata, as estruturas de interação se tornam assíncronas, fragmentadas e superficiais (HARVEY, 1996; FLUSSER, 2008). Como consequência, a complexidade da trama dos rizomas que nos envolvem se intensifica, com a diversificação dos seus nós e das suas conexões, evidenciando a lógica na qual esses macro sistemas se adaptam e evoluem (DELEUZE e GUATTARI, 2000a). Dos sistemas complexos que nos circundam, emergem padrões não previstos que organizam nossas cidades, a Internet, a sociedade ou a vida como um todo. A influência de um indivíduo em tais padrões não pode ser dimensionada no nível micro de suas ações, da mesma maneira que um gene não se restringe a consequências compartimentadas do fenótipo humano. Em vez disso, seus efeitos são incrementos de relações programadas que orientam a construção do corpo que emerge.

A partir do presente trabalho, propõe-se ao interator, viver e experimentar tais temas, presentes nas reflexões de autores como Flusser (2008), Steven Johnson (2003), Deleuze e Guattari (2000a), sobre a maneira descentralizada como a nossa sociedade hoje se estrutura, na qual os comportamentos coletivos emergem gerando as características contemporâneas de dispersão, indeterminação, vestígio, superfície e efemeridade (HARVEY, 1996). Mais do que isso, a poética proposta relaciona essas questões ao modo como nos comunicamos, tomamos decisões, interagimos e morremos, em ciclos que se iniciam e acabam, mas são pertencentes a um fluxo permanente: a própria vida.

Nesse sentido, a poética sugere uma reflexão sobre a imprevisibilidade e aleatoriedade do processo de vida, envolvendo abordagens propostas por autores como Darwin (1859), Schrödinger (1943), Varela (2000), Dawkins (1983; 1986) e Cox (2013). Ela é voltada para expressar e evidenciar o processo de evolução e manutenção da vida, que ocorre de maneira similar ao desdobramento de outros sistemas complexos, como a organização espacial das cidades ou o fluxo de informações na Internet, consistindo em uma visão de mundo.

Nesse contexto é proposta a Morfogênese, que versa sobre a imprevisibilidade dos desdobramentos de nossas ações frente à complexidade das interações sociais presentes em nossa vida. Sua poética é voltada para uma transposição dos padrões emergentes dos sistemas vivos para um contexto metafórico de composição das imagens, como se fosse possível observar em um microscópio as células vivas de toda imagem brigando para impor suas formas, cores e sons. A Morfogênese consiste em uma poética proposta em formato de um sistema computacional, concebido como um Sistema Complexo Adaptativo Multiagentes, constituído por Algoritmos Genéticos e Inteligência Artificial em Enxame para gerar comportamentos de locomoção, alimentação, confronto e reprodução, assim como interações mais complexas, como a colaboração ou a submissão. Todos esses comportamentos são programados no âmbito dos indivíduos, ou seja, são voltados para a relação dos agentes computacionais com os seus vizinhos no ambiente. A partir dessas instruções de nível micro, emergem os macro padrões de comportamento dos grupos, importantes para a sua adaptação e manutenção no tempo, simulando-se o processo evolutivo de Seleção Natural Universal proposto por Dawkins (1986).

Assim, a Morfogênese é composta por um sistema vivo acelerado, que usa as interações humanas como um fator de imprevisibilidade no delicado equilíbrio ecológico de suas interações endógenas. Cada agente consiste em uma vida artificial concebida por algoritmos genéticos, que compõem uma poética quanto à diluição de nossa responsabilidade social frente ao número e complexidade de um sistema que parece autônomo, como a nossa própria sociedade (FLUSSER, 2008). No entanto, ela é metaforicamente associada ao universo das imagens,

visualizadas em um nível microscópico, ilustrado pela competição entre os fundamentos de linguagem: os pontos, linhas, formas, cores, tons, texturas, dimensões, escalas, movimentos, direções, espaços, proporções (DONDIS, 2000) e também a paisagem sonora resultante de seus sons (SCHAFER, 1994), evidenciando a batalha celular dos corpos vivos em composições dinâmicas que oscilam entre contrastes e harmonias.

Os padrões de interação entre os organismos artificiais seguem uma estrutura não previsível, sem hierarquia rígida e descentralizada, como o rizoma de Deleuze e Guattari (2000a). São os padrões que emergem dessa multiplicidade de interações simples que determinam a sobrevivência de um determinado grupo de criaturas, compondo um Sistema Complexo Adaptativo Multiagentes (HOLLAND, 1995). O que se espera promover a partir do contato com o sistema são as camadas de emergência que surgem em nível macro, originadas dos micro comportamentos de cada ser, gerando os padrões determinantes de sua adaptação e sobrevivência (JOHNSON, 2003). Espera-se, ainda, que a influência das ações dos interatores, mesmo que não intencionais, sejam decisivas para a definição do cenário apresentado, favorecendo ou eliminando determinados grupos inteiros.

Para tanto, a Morfogênese consiste em um Sistema Multiagentes representado por unidades autopoieticas (MATURANA & VARELA, 1980; LUISI, 2003), que simulam indivíduos vivos artificialmente. Nele, os seres são imbuídos de Inteligência Artificial que define os comportamentos das criaturas de maneira probabilística e não determinística, por meio de algoritmos que calculam as somas das probabilidades dos fatores que impactam nos agentes a cada quadro. Nesse sentido, ela é proposta dentro do contexto da Arte Computacional, entendida como a “área que estuda e desenvolve conceitos, métodos e técnicas computacionais voltadas para a produção de objetos visuais e/ou auditivos numa perspectiva estética” (VENTURELLI e BURGOS, 1997). Assim, a poética, entendida como um processo de ressignificação semântica, atribui um novo valor aos processos e sistemas computacionais, amplamente utilizados na solução de problemas de ordem prática. Dentro desse campo, caracteriza-se a poética como

objeto de Arte Computacional Evolutiva (COOK, 2007) devido às técnicas selecionadas para o desenvolvimento do sistema, oriundas da Computação Evolutiva, e também devido à intenção de sua expressão poética, voltada para o processo emergente de evolução das criaturas.

A Morfogênese é proposta em níveis distintos de interação, podendo ser apreciada em um processo passivo de fruição, mas que também é interativa e permite aos interatores tocar os seres programados, influenciando a sua trajetória, suas decisões e, conseqüentemente, o seu impacto no sistema. Por isso, a aplicação desenvolvida pode ser considerada uma *gamearte* (LEÃO, 2005), utilizada nos modos *zero-player game*, *single-player game*, *two-player game* ou até mesmo como um *multi-player game*. Nos níveis com maior interatividade, a mescla das interações exógenas e endógenas da poética tendem a proporcionar uma experiência mais rica e significativa ao interator, tornando-o parte do sistema. Segundo Couchot, Tramus e Bret (2003), nesse tipo de poética, a tríade autor, obra, espectador é acrescida de mais um elemento, da relação entre os atores internos do sistema, que possuem autonomia e dialogam com o interator.

Em suma, pretende-se utilizar elementos gráficos básicos e soluções matemáticas simples para gerar comportamentos orgânicos e complexos, percebidos pelas pessoas como detentores de características de seres vivos, como a intencionalidade, a personalidade ou o estado emocional, existentes apenas no olhar do observador, promovidos pela organicidade de suas composições e movimentos. Enquanto estudo, pretende-se verificar a hipótese de que um sistema computacional, regido por regras bio-lógicas e composto por agentes autopoieticos em processo de co-emergência de vida artificial, expressa uma poética e estética própria. Nesse sentido, o objetivo é propor uma poética constituída exclusivamente por algoritmos computacionais, inspirada na lógica de desenvolvimento e manutenção do processo de vida, adotando-se técnicas de Computação Evolutiva, a partir de uma abordagem transdisciplinar que mescle as características das diferentes áreas do conhecimento articuladas na sua concepção.

Para tanto, pretende-se (a) discutir a relação de transdisciplinaridade

intrínseca ao processo artístico no contexto atual da arte, ciência e tecnologia, (b) construir as unidades autopoieticas da poética por meio do desenvolvimento de um Sistema Complexo Adaptativo Multiagentes, utilizando-se técnicas de Computação Evolutiva, como os Algoritmos Genéticos e Inteligência Artificial em Enxame, (c) analisar as características da estética emergente no sistema a partir das interações endógenas e (d) exógenas da poética, (e) analisar os padrões de comportamento emergentes do sistema autopoietico de maneira autônoma e (f) sobre a influência dos seus interatores, além de (g) identificar os principais padrões de interação dos seus interatores e (h) suas afinidades estéticas. Enquanto poética, a intenção é (i) propiciar uma experiência estética inspirada no mecanismo de evolução por seleção natural, seguindo os princípios da Evolução Universal, e (j) provocar o interator quanto ao impacto de suas ações no contexto dos sistemas complexos que nos envolvem, como, por exemplo, o cotidiano da cidade em que vivemos, a dispersão de informações por meio das redes sociais na Internet ou os ecossistemas nos quais interferimos ao longo de nossa vida no meio ambiente. Ainda, espera-se (k) oferecer poeticamente ao interator a possibilidade de se viver, no nível da imaginação, em um mundo microscópico impossível, relacionado ao universo das imagens e sons.

Cabe ressaltar que, espera-se utilizar tecnologias acessíveis e correntes no processo de concepção e desenvolvimento da aplicação, visando corroborar a experiência pretendida e estimular o interator a partir das características formais e estruturais da poética em si, e não pela excitação do mero contato com uma nova tecnologia. Acredita-se que é sempre possível expressar o potencial latente do uso dessas tecnologias e, especialmente, realizar experimentações de linguagem, como faz a arte. Entende-se que revisar as possibilidades e desdobramentos do uso das tecnologias existentes continua uma prática relevante. Estão longe de se esgotar as possibilidades de uso das funcionalidades geradas pelos equipamentos atuais sob diferentes óticas e perspectivas. Às vezes ofuscadas pela celeridade do avanço tecnológico e conseqüente necessidade de consumo, essas novas relações acabam sendo desfavorecidas. Por isso, o foco da experiência estética pretendida está na experimentação do processo evolutivo dos

agentes computacionais, e não na degustação de novos equipamentos de *hardware* produzidos recentemente.

Destaca-se também, que não é objetivo do presente trabalho realizar um aprofundamento ou avanço teórico acerca das discussões que envolvem alguns dos conceitos empregados, como a Autopoiesis ou a Inteligência Artificial, mas apresentá-los como uma maneira de caracterizar conceitualmente a poética proposta. Assim, o discurso é direcionado ao seu objeto de estudo: a vida artificial concebida no contexto da arte.

As imagens renderizadas na tela consistem em um processo de execução das regras e afirmações lógicas propostas no seu código fonte. Portanto, entende-se que o texto gerador dos resultados visuais e sonoros são também um produto artístico, refletindo o cerne das leis que regem esse universo microscópico. Essa noção é reforçada pelo fato de que a linguagem de programação foi utilizada em uma abordagem artística, criando um reflexo puro das intenções poéticas do autor, livre das amarras das práticas de desenvolvimento que acompanham a sua aplicação convencional. Por isso, no presente relato são demonstrados elementos desse código fonte, sob forma de equações ou descrições de procedimentos, expondo os seus engenhos na interface do texto, visando ilustrar o comportamento desenhado para os agentes, assim como explicar a maneira como foi idealizado e concebido. Ainda, o presente relato aborda questões de natureza híbrida entre arte e ciência, utilizando da prerrogativa da liberdade criativa da arte para empregar os processos computacionais na construção da poética, ressignificando-os.

Quanto à narrativa proposta para o presente relato, é apresentada inicialmente uma pequena autobiografia do autor, com intuito de proporcionar ao leitor a trajetória, perspectivas e vieses que determinaram o olhar que propõe a poética e o seu processo criativo, seguida das suas quatro seções principais.

A primeira seção consiste no marco teórico do estudo, a centelha de vida soprada para se iniciar o processo de conceituação de sua poética. Ela se inicia pelos questionamentos inspiradores da Morfogênese que devem ser expressos

pela seu sistema: a noção de vida e o seu processo de desenvolvimento, considerado similar ao comportamento de diversos outros sistemas complexos, como as cidades, a economia ou a dispersão de informações pela Internet. Nesse momento, conceitos oriundos da Física e Biologia são empregados para apresentar uma abordagem sobre o que constitui a vida, os sistemas autopoieticos e a sua relação de co-emergência com o meio, que se desdobra em um processo de evolução regido pela seleção natural. Para explicar a maneira como o sistema deve ser concebido, são apresentadas técnicas de Computação Evolutiva para descrever o funcionamento de um Sistema Complexo Adaptativo Multiagentes, composto por Algoritmos Genéticos e que funciona como um sistema de Inteligência Artificial em Enxame em uma autoconfiguração ascendente (*bottom-up*) de arranjos emergentes. Em seguida, a Arte Computacional Evolutiva é abordada na delimitação de seu campo epistemológico e são apresentadas críticas realizadas por alguns autores acerca de seu processo de criação e dos seus resultados recentes. Logo após, o seu processo de concepção é conceituado a partir de uma enfoque no método de Design, explicado por um olhar de metacognição oriundo da Psicologia Cognitiva. Especificamente, é proposta a adoção de um percurso correspondente ao Design de Interação como o meio para se designar a narrativa proposta para a poética. A seção é finalizada por uma discussão acerca das abordagens empíricas da Estética, guiando a discussão de cunho filosófico para o campo da Psicologia Experimental, concluindo com as possibilidades proporcionadas pelo campo da Neuroestética para a construção e compreensão da Morfogênese.

A segunda seção apresenta o início do movimento de materialização da poética, no qual os seus atributos começam a ser definidos e passam a se tornar tangíveis, como precipitados sólidos formados pela reação química da mistura dos diferentes conhecimentos descritos na seção anterior. Primeiramente, são apresentadas as possibilidades de interações endógenas planejadas para o sistema, como a cooperação ou competição, inspiradas em interações biológicas conhecidas. Em seguida, é proposta uma reflexão quanto aos níveis de interatividade propiciados aos interatores em diferentes contextos de

apresentação da poética, discutindo-se a sua relação com o campo da *gamearte*. Logo após, são apresentados os artistas pioneiros da Arte Computacional que exerceram alguma influência na maneira como os processos algorítmicos abstratos foram representados visualmente por suas composições. Em seguida, são abordados alguns autores que incluíram questões de interatividade, evolução e a mescla entre realidade e não-realidade em seus trabalhos, como o A-Volve de Sommerer e Mignonneau. Também são apresentadas as principais influências estruturais e formais de trabalhos que auxiliaram a designação da interface da poética, como os sistemas de Conway, Karl Sims, Palatnik, Chevalier e Lia Something, ilustrando o nível de organização pretendido na construção de sua complexidade visual. A partir dessas definições, é proposta a analogia sugerida para a manifestação dos seus agentes computacionais, o universo microscópico impossível proposto e a batalha celular dos fundamentos da linguagem. Finalmente, a seção apresenta uma descrição do processo criativo da Morfogênese, as principais estratégias utilizadas para se propor um sistema dotado de camadas de emergência, os campos disciplinares navegados ao longo dessa construção e a tecnologia empregada em seu desenvolvimento.

A terceira seção descreve todas as leis que regem os comportamentos programados do sistema, seus algoritmos, suas representações visuais e sonoras. Entende-se que a poética é uma manifestação direta de suas afirmações lógicas e cálculos probabilísticos e determinísticos, sendo essa também uma dimensão de sua expressão poética, ocorrida em um nível de abstração paralelo, o seu código fonte. A sua sequência de apresentação é realizada em uma ordem de complexidade crescente, que parte das características individuais de cada agente, passa pelas suas possibilidades de relações endógenas, e é finalizada pela descrição de seu ambiente e das distintas possibilidades de interações exógenas e interferências realizadas pelos iteradores. Optou-se por esse modelo de relato para torná-lo mais fiel à narrativa de concepção do sistema computacional, que segue a lógica adotada também em seu desenvolvimento. Portanto, inicialmente são descritas as características do corpo de cada agente, a lógica aplicada ao seu movimento, os efeitos sonoros utilizados e o emprego de pares de DNA para

registro e transmissão de informações genéticas. Em seguida, é apresentado o cálculo de colisão realizado para determinar suas interações endógenas, os perfis de reação dos agentes frente aos estímulos apresentados e a hierarquia de reações que compõe a sua Inteligência Artificial, caracterizando os comportamentos de briga, fuga, alimentação e acasalamento. Nesse momento são apresentadas as mutações possíveis em seu código de DNA e a maneira como ele é recombinado para determinar as características dos descendentes. A seção é finalizada pela descrição do meio em que vivem os agentes, assim como as possibilidades de interações exógenas programadas para o interator, como os toques diretos em seus agentes por meio de telas sensíveis, o uso de *Joysticks*, teclados, *mouse* ou câmeras. Também são apresentadas as possibilidades de configurações presentes na poética para serem manipuladas pelos seus artistas/pesquisadores.

A quarta seção finalmente apresenta a Morfogênese: a emergência do resultado conjunto de todas as suas características co-atuando em uma composição efêmera de rabiscos vivos. Inicialmente, são ilustrados os diferentes arranjos por ela proporcionados em contextos distintos, com uso de planos de fundo, escalas e tempos variados. Em seguida, são apresentados os comportamentos emergentes considerados mais interessantes, como os diferentes tipos de estratégias de adaptação que ocorrem simultaneamente, os diversos tipos de agrupamentos e os grandes ciclos de evolução das gerações. Nesse momento também são discutidos os significados que podem ser expressos pelas suas formas, linhas, cores e sons à luz da teoria da evolução. Também são descritas nessa seção as experiências iniciais de exposição da poética e os seus primeiros contatos com o público, experimentando-se diferentes situações que propiciam formatos distintos de interação e imersão com o universo imaginado. A seção é finalizada pela afirmação da Morfogênese, a formalização das ideias que inspiraram a sua construção e devem ser sugeridas aos interatores em sua experiência estética com os diferentes extratos da poética, fechando-se o ciclo do relato pela sua conexão com os conceitos apresentados na primeira seção.

Trajetória e vieses autobiográficos

Para compreender a perspectiva que originou a poética e os questionamentos propostos, assim como o seu processo de desenvolvimento e as escolhas feitas ao caminhar, é importante compreender a trajetória e o olhar que as motivaram.

Sou designer formado nas habilitações de Projeto de Produto e Programação Visual pela Universidade de Brasília – UnB. Ao final do curso, diversos questionamentos de ordem metodológica povoaram a minha cabeça quanto à validade dos argumentos utilizados na defesa de determinadas soluções visuais em projetos de design, assim como do conhecimento técnico necessário para justificá-las. Essa inquietação me levou a um estado de frustração com a profissão e de necessidade de aprimoramento em outras áreas do conhecimento.

Assim, após um período de reflexão, realizei o mestrado em Psicologia Social e do Trabalho com ênfase na área de Ergonomia Cognitiva aplicada a ambientes e interfaces, também na Universidade de Brasília. A mudança de área me obrigou a transitar por um território completamente novo, sem a bagagem inicial esperada, comum aos alunos do Programa de Pós-Graduação em Psicologia.

Nesse processo, enfatizei os estudos sobre técnicas de investigação do comportamento humano, despertando um olhar crítico e curioso com relação à produção do conhecimento e a sensibilidade necessária para produzi-lo. Essa experiência modificou profundamente o meu olhar sobre a maneira como os produtos interativos poderiam ser melhor concebidos e avaliados, assim como transformou drasticamente a minha percepção sobre o próprio processo de design.

Com a chama reacesa, retornei ao curso de Desenho Industrial da Universidade já no papel de professor, revisitando os conteúdos das disciplinas e modificando a maneira de absorvê-los. Aprofundei os estudos sobre design de

interação, ergonomia, usabilidade, arquitetura da informação, interfaces portáteis, jogos e redes sociais. Na minha cabeça fluíam fluxos, diagramas, modelos mentais, instrumentos de coleta de dados, todos voltados para a questão das novas interfaces ubíquas, portáteis e transformadoras do nosso cotidiano, das nossas relações sociais.

Assim, a questão do método sempre foi central para mim, guiando meu caminho para questões de funcionalidade, usabilidade, segurança e até mesmo sobre a emoção, sempre a partir de um olhar analítico, com a frieza necessária ao pesquisador que evita influenciar os resultados de sua pesquisa, distanciando-se da dimensão poética, também importante constituinte do processo de design.

Com essa nova lacuna, já imerso nas questões do design de interação, a busca pela capacidade de transgredir as fronteiras das linguagens na expressão poética me levou ao ingresso no Programa de Pós-Graduação em Arte da Universidade de Brasília, ao qual o presente trabalho é submetido, especificamente à linha de Arte e Tecnologia. A poética é proposta no mesmo contexto que gerou tais inquietações: a influência da tecnologia na maneira como nos relacionamos, a sua conexão com os sistemas complexos e as suas camadas de emergência decorrentes. Parto de uma inquietação pessoal: da compreensão do funcionamento dessa dinâmica de maneira semelhante ao processo de desenvolvimento e manutenção da vida, regida por regras invisíveis que são obedecidas em uma escala inatingível de percepção direta.

Mas é preciso deixar claro que, novamente, o ponto de partida não é o de um artista com um longo percurso na área de arte, mas o de um iniciante com desejos e intenções, guiado pela curiosidade e a vontade de navegar mais uma vez por territórios desconhecidos, rumo à transdisciplinaridade. É nesse contexto que o presente estudo é sugerido, como o ponto de partida de uma trajetória nova que se inicia, pela arte e também pela computação, com a ingenuidade e coragem de quem se aventura por um novo mundo a ser decifrado.

SEÇÃO I

A CENTELHA DE VIDA

A presente seção consiste no marco teórico do estudo, no qual são abordados conceitos originados em diferentes campos do conhecimento. Seu intuito é caracterizar a Morfogênese enquanto poética expressa por um sistema computacional que representa a vida; apresentar o contexto em que se insere; a abordagem metodológica de sua concepção; e a relação de experiência estética pretendida para os seus interatores. Ela é dividida em cinco partes, sendo a primeira responsável pela compreensão de vida enquanto desequilíbrio energético de co-emergência das unidades autopoieticas em um processo evolutivo de seleção natural por acumulação. A segunda apresenta as principais técnicas de Computação Evolutiva empregadas no desenvolvimento do Sistema Complexo Adaptativo Multiagentes, os Algoritmos Genéticos e a Inteligência Artificial em Enxame. A terceira parte consiste em uma demarcação de seu campo teórico, a Arte Computacional Evolutiva, que apresenta algumas das discussões atuais sobre as suas práticas e avaliações. A quarta caracteriza seu processo de concepção a partir da designação da narrativa planejada para a poética, apresentando o processo de Design de Interação como o enfoque adotado e discutindo as bases teóricas do processo de Design. A quinta e última parte aborda a relação da poética com os seus interatores a partir da noção de Estética Empírica, e apresenta as possibilidades de desdobramentos decorrentes dos estudos recentes no campo da Neuroestética.

1.1 O estudo da vida

Ao apresentar os principais conceitos relacionados ao sistema idealizado, optou-se por iniciar a sua caracterização por seus atributos mais sensíveis e subjetivos: os condutores de sua poética. Por isso, o presente tópico visa explicitar a abordagem que deve guiar a concepção da Morfogênese. O intuito do presente trabalho é conceber uma aplicação que constitua um sistema autopoietico de vida artificial, do qual emergjam os comportamentos mais adaptados em um processo de seleção natural, que deve produzir uma série de composições dinâmicas e efêmeras, com formas, cores, movimentos e uma paisagem sonora própria. Contudo, uma questão se mostra central no contexto inicial do estudo: o que se define por vida?

O físico experimental Brian Cox (2013) afirma que:

“Desenvolvemos um entendimento bem detalhado sobre o maquinário que energiza o funcionamento da vida na terra. Mesmo sem termos todas as respostas, é possível afirmar com segurança que não há a necessidade de misticismo. Não há necessidade de uma chama mágica. Elas operam de acordo com as leis da física. E eu considero que elas não são menos mágicas por isso. Todos os indivíduos partilham do mesmo destino: a morte. Mas a vida em si, persiste. E isso é o que separa a vida de todos os outros processos do Universo.”

De acordo com Schrödinger, famoso pelas suas contribuições no campo da mecânica quântica, essa é uma pergunta que deveria ser respondida sem se fugir das regras de funcionamento do Universo já conhecidas. Em seu trabalho denominado *What is Life?* (SCHRÖDINGER, 1943), o autor propõe uma explicação que precede a identificação da molécula de DNA e os conhecimentos por ele mesmo propostos sobre a teoria quântica, mas incrivelmente precisos sobre o processo que conhecemos hoje como vida. Para ele, a vida deve ser conduzida pelas mesmas forças e fenômenos físicos que regem o Universo, desde sua escala cosmológica até as suas relações atômicas.

Em suma, é proposto que a vida consiste em um processo de desequilíbrio energético com o meio, um estado considerado paradoxal quando comparado à

tendência ao equilíbrio energético a que se destina todo o Universo. Esse equilíbrio inexorável corresponde ao seu máximo nível de entropia, uma medida de desorganização ou irreversibilidade de um sistema, de acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica. Contudo, conforme a sua Primeira Lei, o decaimento do Universo não altera a sua quantidade de energia, já que toda a energia existente hoje foi, e sempre será, a mesma em qualquer escala de tempo. O que se modifica é a qualidade dessa energia em termos de organização. Assim, as situações de arranjos de elementos que permitem alguma energia potencial com relação o meio, seja ela química ou cinética, podem ainda transformar a matéria de alguma maneira, liberando seu potencial e se desorganizando com o processo. Com o passar do tempo, essa desorganização tende ao seu máximo nível de irreversibilidade, o calor, que dura para sempre no Universo, a não ser que mais energia externa ao sistema seja alocada para a sua transformação.

Por isso, para sobrevivermos e mantermos o nosso desequilíbrio com o ambiente, devemos absorver a sua energia organizada, denominada entropia negativa, e liberar energia desorganizada em forma de calor. Essa equação não pode ocorrer de maneira simétrica, pois em sua assimetria reside o nosso potencial em construir as proteínas do nosso corpo, os nossos processos internos e ações exteriores, como deslocamentos ou aplicação de forças para interagirmos com o meio. Essa energia organizada de alta qualidade pode ser obtida por assimilação de moléculas com potencial de rearranjo, como o oxigênio, as proteínas e carboidratos ou pela absorção dos raios do sol. Para que essa transformação ocorra, o nosso corpo utiliza seus processos internos para a quebra, organização e distribuição desses componentes, consistindo em um sistema autopoietico.

Segundo Cox (2013), essas unidades autossustentáveis surgiram no planeta pela existência de gradientes de prótons que promoviam aos primeiros seres vivos a sua fonte de energia. Esses fluxos se originaram pela diferença de energia potencial química presente em arranjos de soluções ácidas e básicas no planeta, que geravam uma diferença de potencial energético. Com a evolução dos primeiros seres, essas estruturas foram substituídas por mitocôndrias, alocadas

internamente aos seres vivos, compondo um sistema independente. Esse sistema é separado do meio por uma membrana protetora, e é capaz de se reproduzir em cópias semelhantes pela presença de uma molécula altamente estável em seu interior: o DNA. Por isso, a presença de segmentos comuns de DNA em todos os seres vivos do planeta apontam para um determinado grau de parentesco, ou seja, somos todos descendentes de um Último Ancestral Universal Comum (*Last Universal Common Ancestor – L.U.C.A.*). Mas antes de abordar as características que moldaram as transformações dos seres vivos ao longo do tempo, é importante compreender o conceito que define o processo de vida desde os primeiros organismos unicelulares enquanto sistemas autônomos, a autopoiesis.

Entende-se por autopoiesis, um sistema autossustentável capaz de se manter ao longo do tempo, como a organização dos sistemas vivos descrita anteriormente. No entanto, como aponta Luisi (2003), o conceito de autopoiesis não pode ser distorcido nos momentos em que for empregado, sob pena de ter seu significado modificado. O autor aponta que a unidade autopoietica, como definiram Maturana e Varela (1980), consiste em um sistema capaz de se autossustentar a partir de uma rede interna de reações que re-concebem todos os componentes do próprio sistema. Além disso, a unidade autopoietica deve possuir uma fronteira que contém a rede de reações metabólicas que produzem os componentes moleculares determinantes da própria fronteira a partir de *inputs* e *outputs* do meio externo, assim como faz uma célula. Varela (2000) aponta ainda, que a autopoiesis pode ser verificada a partir de três características principais: (a) a presença de uma fronteira semipermeável, (b) que ela tenha sido produzida pelo próprio sistema, e (c) que ela englobe as reações que regeneram os componentes do sistema.

Apesar de concebido originalmente dentro do campo da biologia, o conceito de autopoiesis pode ser aplicado à outras áreas do conhecimento, transpondo fronteiras epistemológicas, como a autopoiesis social, ou mesmo com a noção de máquinas autopoieticas dos próprios autores (MATURANA & VARELA, 1997). Como demonstra Barretto (2011), a máquina pode constituir uma unidade autopoietica pela atuação em um domínio simbólico, no qual as características

apontadas por Varela (2000) se fazem presentes, simuladas pelos seus engenhos ou pelas relações entre os seus componentes.

Com relação ao sistema proposto no presente estudo, entende-se que essas características são respeitadas pelas regras que constituem as unidades autopoieticas da Morfogênese. Os seus agentes possuem algoritmos que permitem, em um nível simbólico, a caracterização do sistema como autopoietico, ocorrido apenas em nível de *software*, caracterizando a *Soft Artificial Life* (BEDAU, 2003). Ainda, ela apresenta as características de sistemas vivos, como a auto-replicação e a evolução aberta (RAY, 1994). Por isso, propõe-se a noção de vida aos agentes computacionais ao simular a autopoiesis e o seu processo de luta contra o equilíbrio energético com o meio, suportados pelos seus processos internos que transformam a energia obtida do meio externo.

Sendo assim, as criaturas podem ser considerados como vidas programadas artificialmente, ou ainda, como vidas artificiais (*ALife*) (LANGTON, 1995), considerando que são concebidas intencionalmente, não oriundas de processos naturais. Para tanto, as decisões determinantes de seu comportamento devem ocorrer de maneira descentralizada e ascendente (*bottom-up*), presentes em cada agente em contato com o meio (BEDAU, 2003). Assim, a vida pode ser compreendida como a relação resultante da co-emergência entre a unidade autopoietica e o seu ambiente (VARELA, 2000), como a cumplicidade da seleção de um mundo próprio pela criatura e de um indivíduo provocado pelo meio (Figura 1). Esse procedimento é denominado de Enação (VARELA, 2000; LUISI, 2003), e define a vida como um processo maior do que a unidade autopoietica em si. Assim, a vida explora as características auto-organizadoras inerentes de seu meio, que fluem como atratores naturais para a construção de suas estruturas (RAY, 1994). Essa característica, definidora da autopoiesis e do processo de vida, constitui o caráter emergente pretendido para a poética.

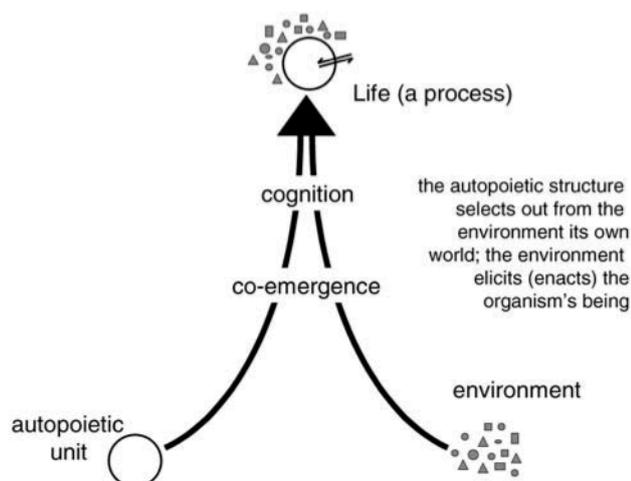


Figura 1: representação do processo de Enação e co-emergência das unidades autopoieticas e ambiente, que constituem o processo de vida, retirado de Luisi (2003).

Por isso, as composições criadas pelo sistema consistem em situações emergentes (JOHNSON, 2003), geradas por um sistema de auto-organização com um alto grau de coordenação no nível macro, mas programado apenas em nível micro, sem acesso a uma visão global por parte dos agentes. Isso ocorre sem a presença de comandos oriundos de um controle central, mas pela organização instituída pelo indivíduo com relação ao seu ambiente. O que se espera que ocorra, de acordo com o Darwinismo Universal (DAWKINS, 1983), é que o sistema seja transformado conforme a Teoria da Evolução (DARWIN, 1859), mesmo não sendo um sistema biológico natural. Conforme aponta Dawkins (1983), isso é possível porque os sistemas complexos tendem a evoluir de maneira autônoma, segundo os princípios da evolução universal: variação por mutação ou recombinação, seleção e hereditariedade.

Para tanto, as características de fenótipos das criaturas, derivadas de sua carga genética, devem ser favorecidas e selecionadas pela sua adaptação ao meio. Os contextos são dinâmicos e influenciados pelos agentes presentes, determinando quais criaturas conseguem viver mais, aumentando a sua probabilidade de acasalamento e transmissão das informações genéticas. Com o passar do tempo, as características da população viva tendem a mudar rumo à

adaptação. Contudo, a navegação pelo espaço genético das criaturas deve ocorrer de maneira lenta e incremental, em um processo denominado Seleção Acumulada (DAWKINS, 1986). Caso contrário, as chances de extermínio aumentariam consideravelmente devido a uma mutação ou recombinação maléfica em seu DNA. Com o passar das gerações, espera-se que a transformação dos agentes, orientada pela seleção natural, evidencie novas camadas de emergência em comportamentos individuais ou coletivos da poética, ilustrando o processo evolutivo da vida.

Essas camadas de emergências podem ser entendidas de acordo com o conceito de Complexidade Organizada proposto por Dawkins (1986). Essa complexidade, característica dos seres vivos, nos diferencia de outras composições heterogêneas presentes na natureza por não serem capazes de promover algum benefício próprio enquanto resultado prático de sua estrutura, voltado para a sua manutenção. São exemplos as asas dos pássaros que os permitem voar ou as células fotossensíveis em nossos olhos que nos permitem ver. A presença dessa complexidade caracteriza os sistemas autopoieticos de Maturana e Varela em sua batalha pela vida, ou pela energia organizada de alta qualidade de Schrödinger, talhando os seus atributos que emergem pela seleção natural de Darwin.

Com essas características, os comportamentos coletivos dos agentes computacionais constituem redes orgânicas que possuem atributos semelhantes aos rizomas de Deleuze e Guattari (2000a), conforme os seis princípios enumerados pelos autores. A sua (a) Conexão e (b) Heterogeneidade permitem que qualquer ponto de um rizoma possa conectar-se a qualquer outro ponto ou conjunto heterogêneo. Não há uma ordem fixa. A sua (c) Multiplicidade sempre fala e age, mudando de natureza ao se conectar com outra. Ou seja, qualquer fragmento, quando analisado, pode se revelar como sendo composto pelo todo. Ainda, o rizoma pode ser rompido, quebrado ou retomado desde qualquer uma de suas linhas, consistindo no princípio da (d) Ruptura A-significante. Finalmente, a sua (e) Cartografia e (f) Decalomania regem que um rizoma funciona por proximidade, sendo estranho a um modelo que remete à ideia de reprodução ao

infinito, pois possui diversos centros que são permanentemente móveis.

Essas características orgânicas das redes descritas pelos autores são inspiradas na própria natureza. O rizoma consiste em um grupo de plantas vasculares com caule subterrâneo, que tem o crescimento horizontal paralelo à superfície do solo, coberto de folhas escamosas e que possuem raízes (SEGECIN & SCATENA, 2003). Esse tipo de estrutura se verifica na poética pelo caráter topográfico e topológico da disposição dos grupos de agentes, que podem ser diretamente observados pelo interator. Ela também ocorre de maneira simbólica, em determinados momentos, manifestados pela interação na troca de propriedades internas dos agentes, como a sua energia ou material genético.

Ainda com relação aos arranjos vivos auto-organizados da Morfogênese, entende-se que a experiência pretendida para o interator consiste na percepção conjunta dos seus elementos gráficos, cinéticos e sonoros. A simples captura de alguma dessas dimensões não constitui o contato com a poética em si por não ilustrar o seu processo de desenvolvimento, foco do trabalho. Por isso, no presente estudo não são enfatizadas as questões sobre arte abstrata, arte cinética (*kinect art*) ou paisagens sonoras (*soundscales*) individualmente.

Apesar disso, todos esses elementos foram considerados durante o seu processo de criação. Por exemplo, os elementos principais que caracterizam uma paisagem sonora se fazem presentes nos arranjos. São eles (a) os *keynote sounds*, sons característicos que geram a identidade do ambiente, como o som de animais; (b) os *sound signals*, sons de fundo que também se fazem presentes, como os sinos; e (c) os *soundmarks*, sons endêmicos, únicos de uma determinada região (SCHAFER, 1994). Eles evoluem ao longo do tempo junto com os outros atributos de cada ser, como se fossem representações sonoras das composições visuais (SCHAFER, 1991), e podem ser claramente identificados em situações mais estáveis de composições. Dessa maneira, as paisagens visuais construídas pelos corpos e movimentos dos agentes são complementadas pela paisagens sonora do ambiente, simulando uma situação natural.

Assim, o que se espera enquanto característica da Morfogênese é a representação de comportamentos que ilustrem os conceitos apresentados. Desse modo, os agentes computacionais vivos artificialmente, as unidades autopoieticas, devem agir focados nas situações contextuais do ambiente, compondo um sistema complexo de comportamentos sociais adaptados em nível macro, evidenciando o seu caráter emergente para compor seus arranjos. Ainda, além da simples conceituação das vidas artificiais, é esperado que os interatores atribuam essa característica ao agente durante a interação, inferindo a vida a partir das animações e reações observadas.

Para compreender melhor a maneira como o sistema da Morfogênese pode ser concebido a partir dos conceitos apresentados, são expostas algumas noções referentes ao seu desenvolvimento, como a Inteligência Artificial e os Algoritmos Genéticos, relacionados à construção do sistema autopoietico.

1.2 Computação Evolutiva

A partir dos conceitos apresentados, que serão empregados como norteadores da poética, é necessário apresentar as abordagens que permitem a construção da Morfogênese enquanto sistema computacional. Assim, para expressar a noção de vida e de evolução, busca-se a organicidade de sistemas que simulem interações biológicas e imprevisíveis, mas que possuam um determinado padrão de organização. Por isso, a Morfogênese é proposta como um sistema complexo devido a diversidade e número dos seus agentes; da dinamicidade das suas relações intrínsecas e extrínsecas; e também da imprevisibilidade dos seus comportamentos emergentes. Sua poética, inspirada na mecânica da vida, ilustra a organização e desenvolvimento desse tipo de sistema por meio de imagens e sons. Por isso, para que seja desenvolvida, ela precisa conter as características de estruturação e evolução desses sistemas.

Para tanto, foram utilizadas técnicas de desenvolvimento pertencentes à Computação Evolutiva para a sua construção por adotar princípios Darwinianos na resolução de problemas computacionais. Dentro da área de Ciência da Computação, ela é considerada um subcampo da Inteligência Artificial, mais especificamente da Inteligência Computacional. As suas principais técnicas empregadas na poética são os Algoritmos Evolucionários e a Inteligência em Enxame. Esses algoritmos se baseiam na implementação de mecanismos inspirados na evolução biológica, como a reprodução, recombinação, seleção natural e sobrevivência dos mais adaptados.

Além disso, para significar os conceitos descritos anteriormente, cada unidade autopoietica de vida artificial deve ser representada como um agente computacional desse sistema, de modo que o processo de desenvolvimento do sistema como um todo seja realizado em uma abordagem ascendente (*bottom-up*). Para que a sua dinâmica se assemelhe aos sistemas complexos mirados, os seus desdobramentos devem decorrer da interação entre os agentes somente, e não orientados por algum outro nível de abstração presente no sistema (MILLER & PAGE, 2007). Por isso, pode-se caracterizar a Morfogênese como um Sistema Baseado em Agentes (WOOLDRIDGE, 1998), devido às suas afinidades à poética idealizada.

Os agentes computacionais, unidades componentes desses sistemas, podem ser utilizados também em diferentes áreas do conhecimento, desde a simulação do comportamento de grandes corporações até a otimização de uma cadeia de fornecedores de uma empresa, conforme levantamento realizado por Niazi e Hussain (2011). No contexto do presente trabalho, os agentes servirão o propósito de permitir a expressão poética do autor, propiciando aos interatores a experiência estética pretendida de experimentação da dinâmica de adaptação do próprio sistema.

Os agentes computacionais são entendidos no estudo como unidades capazes de comportamento autônomo em um determinado contexto (WOOLDRIDGE, 1998). O resultado do comportamento do sistema, considerando-se a autopoiesis, depende da interação direta dos agentes com seu

ambiente. Assim, para a realização dos comportamentos pretendidos, cada agente computacional deve tomar decisões acerca de seu contexto, se tornando um agente adaptativo (MILLER & PAGE, 2007), evidenciando a sua dimensão cognitiva (VARELA, 2000). Na prática, para permitir que essas decisões possam ocorrer, cada ser deve possuir uma cadeia hierárquica de disposições a serem selecionadas em contextos específicos de maneira automática, imbuindo os agentes de raciocínio artificialmente. Nesse sentido, a Morfogênese deve ser designada de acordo com o modelo de *State-Driven Agent Design* (Buckland, 2005).

Nesse modelo, para se definir o estado de um agente é utilizada uma Máquina de Estados Finitos. De acordo com Buckland (2005), uma Máquina de Estados Finitos é um artefato, ou modelo de um artefato, que possui um número limitado de estados em que ele pode se encontrar em um determinado momento. Ele também deve ser capaz de realizar uma ação de transição de um estado para outro, ou de saída, para que uma ação externa ocorra. Ainda segundo o autor, uma Máquina de Estados Finitos só pode estar em um estado em um determinado momento. Essa estrutura permite orientar as condições de entradas e saídas externas que definem os comportamentos dos agentes no ambiente. Assim, a partir dessa capacidade de decisão com relação aos estímulos do meio, pode-se inferir que os agentes computacionais são dotados de Inteligência Artificial.

De acordo com Russel e Norvig (1993), diferentes definições de Inteligência Artificial são presentes na literatura. De maneira geral, são considerados os paradigmas de modelo humano de pensamento, modelo humano de comportamento, modelo racional de pensamento ou modelo racional de comportamento. No presente estudo, visando não se aprofundar demasiadamente nesse tópico, o último paradigma é adotado, e a inteligência artificial é definida como a capacidade do agente em utilizar modelos computacionais que o permitam agir racionalmente em seu meio (RUSSEL & NORVIG, 1993; KONAR, 2000).

Essas decisões determinam o macro comportamento de auto-organização

dos grupos de agentes do sistema de maneira coletiva e descentralizada, propiciando os comportamentos de entidades coletivas emergentes na poética. Esse comportamento é denominado de Inteligência em Enxame ou Inteligência Artificial Coletiva (BENI & WANG, 1989). As características típicas de sistemas de Inteligência em Enxame são (BONABEAU, DORIGO & THERAULAZ, 1999): (a) eles devem ser compostos por muitos indivíduos, (b) a sua população deve ser relativamente homogênea, (c) as interações entre os indivíduos devem ser baseadas em regras de comportamentos simples, que explorem somente a informação local que os indivíduos trocam diretamente ou com o ambiente, (d) o comportamento geral do sistema deve resultar da interação dos indivíduos entre si e com o seu ambiente, ou seja, os grupos devem se auto-organizar.

Assim, a partir das decisões tomadas em contextos específicos, frente ao ambiente e aos outros indivíduos, os agentes devem ser capazes de realizar os comportamentos definidos. Para que a inteligência artificial resulte na ação programada, foram necessários cálculos de deslocamento, luta, alimentação e reprodução, que utilizam a Máquina de Estados Finitos para gerar os seus desdobramentos. Para tanto, devido a sua similaridade com as mecânicas da evolução biológica, foram necessários algoritmos com características específicas: os Algoritmos Genéticos. Esses talvez sejam os algoritmos mais conhecidos do grupo dos Algoritmos Evolucionários.

Algoritmos Genéticos são tipos específicos de algoritmos que simulam o processo biológico da evolução. Seu ciclo de evolução consiste em três passos sequenciais cíclicos: (a) geração de uma população, (b) evolução genética da população por cruzamento ou mutação e (c) seleção dos melhores candidatos da população gerada (KONAR, 2000). Portanto, é utilizada uma técnica que permite o surgimento de gerações de seres que podem trocar informações genéticas entre si a partir de recombinação de DNAs durante os cruzamentos. Nesse momento, podem ocorrer também as mutações genéticas, originando novas gerações similares às anteriores, mas ligeiramente diferentes. Isso permite que as gerações de criaturas naveguem no espaço genético da espécie com uma menor probabilidade de se extinguir, similar ao processo natural de evolução. Com a

repetição desse ciclo, os seres mais adaptados ao contexto tendem a ser selecionados, conforme a Teoria da Evolução Natural de Darwin (1859).

Ainda sobre os Algoritmos Genéticos, Holland (1995) os define como um processo de busca, na qual ocorre a otimização das opções pela melhor solução. Assim, os indivíduos da população estão sempre à procura de um candidato para a solução de um determinado problema, competindo para obtê-la e evoluindo a população com o processo. Um comportamento semelhante ocorre na poética, na qual os indivíduos realizam testes de colisão em busca de um parceiro para o acasalamento ou procurando pela energia de inimigos mais fracos, visando a solução do problema de manutenção da vida.

Contudo, no sistema proposto, entende-se que os algoritmos genéticos não são utilizados como algoritmos de busca, como são comumente empregados em situações com finalidades práticas. Ao se conceber os algoritmos para o presente trabalho, não foi adotada formalmente uma função de comparação entre os indivíduos de uma população com intuito de localizar e selecionar o agente mais adaptado, denominada Função de Adaptação. Na poética, os algoritmos foram empregados como uma solução de simulação da vida, em um contexto muito mais próximo do ambiente que inspirou a lógica de tais algoritmos. Nesse sentido, eles são utilizados para criar e selecionar gerações de seres sem a intenção de avaliar e favorecer determinadas características individuais pré-definidas. Mantem-se apenas a noção da preservação da vida ao longo do tempo, em processos de autopreservação e por meio da geração de descendentes. Essa é uma característica importante da poética, pois essa simulação ilustra o nosso processo de vida, como uma busca pela preservação da espécie, uma luta contra a segunda lei da termodinâmica, contra a entropia, contra o equilíbrio energético com o meio que elimina a possibilidade da nossa própria existência.

Para tanto, o sistema utilizado considera fatores presentes na vida baseada em carbono e os aplica às vidas baseadas em silício, como os efeitos contextuais de sua localização geográfica ou as características genéticas que são selecionadas ocasionalmente por associação como um fator de acaso, que podem favorecer indivíduos em situações específicas. Por isso, o sistema pode

ser utilizado de maneira contínua enquanto houver uma vida artificial presente, entendendo-se que os indivíduos permanentes conseguiram, de alguma forma, manter a existência da vida ao longo do tempo.

Apesar disso, mesmo considerando-se a diferença na sua utilização, entende-se que o conceito de Algoritmo Genético tenha sido empregado corretamente na poética, apoiado nos argumentos de Mitchell e Hill (1997). Os autores afirmam que os Algoritmos Genéticos podem ser selecionados pela aproximação com a Função de Adaptação ou por um processo de seleção randômico, que tende a ser mais lento, mas pode promover cruzamentos e mutações específicas que promovam a adaptação à longo prazo. Na poética, os cruzamentos não chegam a ocorrer de maneira randômica, mas pela intenção dos agentes, influenciados por fatores externos às características genéticas dos indivíduos, como, por exemplo, o acaso de sua proximidade.

Finalmente, considerando-se as técnicas apresentadas e as características do sistema computacional sugerido, caracteriza-se a Morfogênese como um Sistema Complexo Adaptativo Multiagentes, ou Sistema Complexo Adaptativo Social (MILLER & PAGE, 2007). De acordo com Holland (1995), os Sistemas Complexos Adaptativos possuem quatro propriedades principais: (a) agregação, (b) não-linearidade, (c) fluxo e (d) diversidade.

O processo de agregação ocorre quando comportamentos em larga escala emergem do conjunto de interações entre entidades mais simples. Na poética, esse é o comportamento almejado para a representação dos sistemas complexos. Ele deve ocorrer quando os agentes se auto-organizarem em grupos que se comportarem como uma outra entidade em termos visuais, como as cores e os deslocamentos, e também pelos efeitos sonoros.

A não-linearidade, definida pelo autor como a irregularidade presentes nesses sistemas, pode ser percebida na natureza irregular das interações entre os agentes, tornando a poética mais imprevisível. É justamente essa heterogeneidade das relações, programadas por probabilidades calculadas a cada instante, que deve definir a estética pretendida. A partir dessa característica,

espera-se obter arranjos rizomáticos e a formação de grupos, ou redes, não centralizados e com comportamento dinâmico.

O fluxo refere-se à presença de uma unidade quantificável de uma determinada variável, que utiliza o sistema como uma rede com nós interligados para fluir. Esse comportamento é representado na Morfogênese como as características fenotípicas dos indivíduos transmitidas ao longo das gerações, suas cores e sons, ou mesmo pelas interações diretas ocorridas entre os indivíduos, que determina o seu deslocamento.

A última propriedade, a diversidade, consiste na criação de diversos nichos causados pela dinâmica persistente e coerente no padrão de interação programado nos seus agentes internos. A poética exhibe essa propriedade na composição de grandes grupos de indivíduos que, ao crescer, compõem diferentes colônias que se separam e evoluem de maneira diferenciada. Esse efeito ocorre após algum período de adaptação do sistema.

Além dessas propriedades, os Sistemas Complexos Adaptativos devem ser ativos, mudando de estado para que as propriedades descritas possam efetivamente existir. Para que as suas transformações ocorram, Holland (1995) aponta três mecanismos de funcionamento que dirigem os desdobramentos ocorridos em sua dinâmica: (a) os rótulos, (b) os modelos internos e (c) os blocos construtores.

O autor aponta que as entidades internas desses sistemas devem ser capazes de utilizar rótulos que permitam a manipulação e quebra dos padrões homogêneos (simetrias) do sistema, fazendo com que as outras entidades possam visualizar esses rótulos e atuar com base em suas propriedades específicas. No caso da poética, os rótulos estão presentes na tipologia de formas que define a categorias das criaturas, em sua quantidade de energia visível, em seu nível de maturação, e todas as outras características perceptíveis pelos outros agentes.

Além disso, as entidades internas dos Sistemas Complexos Adaptativos devem utilizar modelos internos como uma forma de antecipação de eventos.

Esses modelos internos consistem na Morfogênese em regras pré-definidas de comportamentos em situações específicas, orientadas pela Máquina de Estados Finitos. Essas regras definem, por exemplo, os estados de aproximação ou afastamento dos agentes, de acordo com seu contexto atual. Essa característica define o tipo de dinamicidade do sistema, que é essencialmente um padrão que emerge dos comportamentos individuais de cada agente.

Ainda, as entidades internas também devem contar com o conceito de “blocos construtores” que auxiliem na identificação de decomposições de fenômenos complexos. Esses blocos existem no sistema com mecanismos que orientam os comportamentos dos agentes para que exista algum padrão de regularidade nesse mundo complexo. Assim, são determinantes dos padrões visuais do sistema todas as definições elaboradas *a priori* sobre o modo como o corpo dos agentes deve ser construído, ou mesmo as regras que impõem as distâncias de interação entre as criaturas em cada contexto, incluindo todo o leque de possibilidades existentes. Caso o ambiente etéreo no qual vivem os agentes fosse concebido com objetos que modificassem as suas trajetórias, por exemplo, eles também seriam considerados como parte desse mecanismo. Esses blocos também são utilizados na poética para reduzir o efeito complexo do ambiente percebido pelo agente e permitir a sua assimilação, originando as ações consequentes.

Os resultados estéticos derivados das suas composições emergentes, caracterizados pelo Sistema Complexo Adaptativo Multiagentes, possuem uma certa complexidade visual, que auxilia na particularização dos arranjos gerados, dando identidade aos diferentes momentos de contato com o interator. Essas características são comuns aos sistemas complexos, pois conforme Holland (1995) descreve, nesses sistemas a complexidade deve emergir da adaptação.

Portanto, a utilização de um sistema baseado em agentes computacionais deve proporcionar à aplicação as características pretendidas pelo estudo da autopoiesis e do desenvolvimento da vida. Enquanto Sistema Complexo Adaptativo Multiagentes, são propiciadas as relações sociais rizomáticas entre os agentes, com trocas de informações genéticas, como cores e sons, além de uma

trama traçada pela sua própria estrutura de interação. A auto-organização emergente dos arranjos deve ser derivada dos comportamentos individuais de cada agente com base em uma avaliação contextual, como um Sistema de Inteligência em Enxame. As decisões e comportamentos dos agentes são organizadas em uma estrutura conhecida como Máquina de Estados Finitos. Todos esses processos ocorrem por meio de um ciclo iterativo, ou um laço, que emprega as funções dos algoritmos genéticos do sistema, desenhando as populações, realizando os cruzamentos com recombinações e mutações, e eliminando os seres que pereceram.

É importante ressaltar que os conceitos apresentados servem apenas como um guia para o desenvolvimento do sistema Morfogênese. As técnicas apresentadas são utilizadas visando a facilidade de manutenção e desenvolvimento das aplicações, otimização de tempo, processamento, alocação de memória, precisão de cálculos para soluções específicas *etc.* Para a poética, são considerados apenas os seus atributos enquanto sistema, assim como a sua lógica de funcionamento, observando-se o fato de que o autor não possui conhecimento técnico na área de desenvolvimento e não domina as práticas de programação pressupostas, adotando a linguagem de programação em uma abordagem artística.

Após a caracterização teórica à respeito do sistema pretendido, é apresentada a seguir uma discussão acerca da natureza do campo de atuação do presente estudo dentro do domínio da arte, a Arte Computacional Evolutiva.

1.3 Arte Computacional Evolutiva

Os conceitos apresentados permitem uma caracterização quanto ao comportamento planejado para a Morfogênese, assim como como descrevem os seus princípios construtivos. Após se apropriar de conceitos oriundos da Biologia e da Física para expor as principais características a serem expressas pelo

sistema, e descrever conceitos da área de Ciência da Computação para delimitar o seu desenvolvimento, o presente tópico visa discutir o seu campo de atuação, a Arte, visando situar o seu contexto de apresentação.

Por tratar-se de uma poética expressa exclusivamente por meio de processos computacionais, entende-se que a Morfogênese esteja situada no contexto da Arte Computacional. Entende-se por Arte Computacional a expressão de poéticas que utilizam proposições lógicas e matemáticas determinísticas para gerar um resultado estético próprio (VENTURELLI, 2004), evidenciando um novo significado ao resultado computado ou ao processo computacional expresso. Da mesma maneira, a Morfogênese utiliza modelos estatísticos e probabilísticos computados para gerar o fator de imprevisibilidade desejado. Assim, ela combina Arte e a Ciência da Computação em um processo criativo, que já não permite mais a dissociação das disciplinas durante o seu fazer.

Nesse sentido, ela mescla a Arte, Ciência e Tecnologia, aplicando conhecimentos oriundos de outros campos epistemológicos na prática artística. Os processos computacionais empregados no desenvolvimento da poética, incluindo as experimentações matemáticas que geraram os algoritmos pretendidos, foram fundamentais para estética que constitui a Morfogênese. Além disso, o próprio sistema enquanto poética expressa, possui atributos característicos que o diferenciam de outros tipos de produção artística, reforçando o conceito de Arte Computacional. Segundo Venturelli e Burgos (1997), esse tipo de poética não mais constitui “uma obra individual inalterável, restrita à apreciação de meia dúzia de pessoas, mas uma obra internacional, às vezes manipulável, e apreciada por milhões de pessoas”, evidenciado o potencial de sua capilaridade. Por isso, o nível de interatividade das poéticas no contexto da Arte Computacional não é pré-determinado, incluindo-se em seu repertório os resultados exclusivos de interações endógenas dos sistemas, assim como também os resultados híbridos, que permitem a influência de interações exógenas dos seus interatores. Assim, a Arte Computacional pode ser expressa por meio de animações, imagens, sons, algoritmos, entre outras possibilidades.

Antes de prosseguir, destaca-se que a relação entre Arte e Tecnologia na

produção artística é anterior ao uso de computadores, considerando-se o uso de fotografia ou vídeos como mídias diferenciadas no seu processo de composição. Também precede aos computadores o próprio processo computacional, que pode ter os seus cálculos realizados por meio de outras ferramentas, como a calculadora. Importantes sistemas foram concebidos nesse contexto, como o *Game of Life* de Conway (GARDNER, 1970), baseado nos autômatos celulares de Von Neumann (1966), que pode ser mais facilmente reproduzido em linguagens de programação de alto nível nos dias atuais.

Com relação aos elementos estéticos da Morfogênese, entende-se que ela também apresenta atributos comuns à Arte Computacional, como a presença de formas geométricas e uso de animações em um contexto bidimensional, como as obras do final dos anos 70 aos anos 90. No entanto, acredita-se que a maneira como os movimentos ocorrem em sua interface e os efeitos visuais e sonoros resultantes de seus algoritmos possuem um apelo estético atual e que demanda tecnologias e capacidades computacionais contemporâneas, necessárias para a sua renderização em tempo real. Mais importante, ela proporciona a possibilidade de interatividade, uma relevante atributo para a sua caracterização, pois a simples relação entre Arte e Tecnologia já se faz presente desde o surgimento da fotografia e do vídeo (VENTURELLI, 2004).

Nas situações em que a poética permite a participação das pessoas, ela pode ser compreendida como um objeto de Arte Interativa, considerada uma categoria mais ampla. Nessas versões, pode-se permitir a interação direta ou indireta dos indivíduos com o sistema proposto, assim como a interatividade (LÉVY, 1999) entre as pessoas, mediadas pelo sistema proposto. Segundo Couchot *et al.* (2003), a combinação entre esses dois tipos de interação tende a enriquecer consideravelmente o diálogo com o interator, incluindo na tríade autor, obra, espectador, um quarto elemento: as relações autônomas entre os atores internos. Segundo o autor, esse tem sido o foco de diversos artistas na considerada Segunda Cibernética, modificando o seu olhar em uma linha histórica que passa pelos autômatos auto-reprodutores de Von Neumann, as células vivas de Conway, as redes de autômatos celulares de Langton, os sistemas complexos

adaptativos de Holland e os seus estudos sobre os Algoritmos Genéticos, as redes neurais e os estudos sobre complexidade, emergência e evolução.

Nesse contexto, as técnicas de Computação Evolutiva, como os Algoritmos Evolucionários ou a Inteligência em Enxame descritas anteriormente, passaram a ser adotadas pelos artistas na concepção de poéticas computacionais voltadas para o processo evolutivo, influenciadas pelo Darwinismo Universal (DAWKINS, 1983), sedimentando o campo da Arte Evolutiva (COOK, 2007). Então, o campo da Arte Evolutiva é voltado para a experimentação da Teoria da Seleção Universal na expressão poética do artista, geralmente concebida por meio de um conjunto de regras em *script* (Arte Algorítmica), ou por processos computacionais que organizam esses algoritmos, a própria Arte Computacional. Assim, não é proposta diretamente a criação de um artefato ou uma representação visual e sonora para a sua poética, mas a criação de processos inspirados na lógica da evolução que originem posteriormente o artefato ou suas representações perceptíveis, como uma metacriação (WHITELAW, 2004). Nesse sentido, também não é proposta uma simulação da natureza, mas uma investigação sobre o processo criativo em si, conforme propõem Sommerer e Mignonneau (WHITELAW, 2004).

Nesse campo, diversos artistas elaboram sistemas de Vida Artificial (ALife) (LANGTON, 1995) sintetizados a partir de algoritmos computacionais que contém as suas próprias regras construtivas, caracterizando o contexto da Arte Gerativa. De acordo com Galanter (2003), a Arte Gerativa é tão antiga quanto a Arte em si, e não deve ser confundida com outros tipos de Arte Algorítmicas que não contém em seus princípios as suas regras construtivas. Destaca-se, que existe uma grande interseção nas áreas de Arte Evolutiva e Arte Gerativa, devido as suas características complementares.

Um outro campo da Arte relacionado ao contexto apresentado é o da Arte Genética. Ela consiste em uma produção artística que envolva a relação de genes e hereditariedade. Muitas vezes, o seu objeto de estudo é voltado para uma mídia molhada, voltada para o mundo biológico, relacionado à vida baseada em moléculas carbono. Nesse sentido, ela engloba práticas como alteração de DNA para modificar cores ou outras características de um ser vivo. Quando baseada

em silício, refere-se ao mundo digital seco e, geralmente, utiliza Algoritmos Genéticos para a sua composição. Ainda, elas podem ser híbridas, denominadas húmidas (SOMMERER & MIGNONNEAU, 2003), propondo um sistema que relacione os mundos baseados em carbono e silício. Desse modo, nos casos em que o objeto de expressão é voltado para o mundo biológico molhado, utilizando-se tecidos vivos, bactérias ou organismos vivos para a manifestação poética, considera-se o campo como BioArte (PENTECOST, 2008).

Portanto, acredita-se que o sistema proposto Morfogênese se situe prioritariamente no campo da Arte Computacional Evolutiva. Essa orientação ocorre devido ao foco do significado expresso na poética pelo autor, que evidencia a lógica dos processos computacionais utilizados em uma alusão ao processo evolutivo segundo o Darwinismo Universal. Apesar de possuir características relacionadas a outros campos de estudo da Arte, como a proposta de Vida Artificial, a hereditariedade por meio de genes, o uso de regras de autoconstrução em seus algoritmos, a ênfase na interatividade endógena e exógena, essas características não constituem o elemento central da proposta poética e, por isso, não são utilizadas para dar identidade ao sistema.

O campo delimitado, a Arte Computacional Evolutiva, se consolida a cada dia. A partir de técnicas de Computação Evolutiva, os artistas criam as regras de sistemas que geram indiretamente arranjos diferenciados e provocadores. Contudo, apesar da excitação causada pelas primeiras experimentações na área, artistas e pesquisadores se questionam quanto ao seu objeto de estudo e a maneira como as poéticas têm sido concebidas. Segundo Galanter (2009), a simples adoção desse processo não agrega valor às obras propostas. Os artistas são questionados quanto a uma maneira de serem fiéis aos artifícios e materiais escolhidos, evidenciando as características intrínsecas aos processos computacionais e à evolução em seus trabalhos.

De acordo com Galanter (2003; 2010), como a prática da Arte Computacional Evolutiva já ocorre por cerca de 20 anos, uma série de questões se apresentam como desafios aos artistas atuais. O principal problema apontado pelo autor é relacionado à presença de uma Função de Adaptação automática

que permite uma evolução estética dos sistemas. No contexto da Arte, esses sistemas se encontram em uma grande desvantagem devido ao fato de não ter-se clareza quanto ao funcionamento do julgamento estético humano para a criação de uma função automatizada.

Muitas vezes, os artistas mantêm o julgamento subjetivo à cargo dos interatores, elaborando sistemas computacionais evolucionários que sejam interativos. Esses sistemas, de maneira direta ou indireta, capturam a preferência estética dos interatores caso-a-caso e o interpretam em uma função, de maneira que o Algoritmo Genético tenha um parâmetro para as suas rotinas de busca. Nessas situações, o limite da capacidade das pessoas em julgar todos os casos é muito menor do que a capacidade computacional dos sistemas, criando um efeito limitador do processo, conhecido como *gargalo de garrafa*, tornando as populações geradas sempre pequenas e apresentando poucas gerações novas de indivíduos ao longo do tempo, conforme apontam Werner e Todd (1998).

Além disso, de acordo com Takagi (2001), o julgamento humano sofre de fadiga ao longo do tempo. Isso faz com que as escolhas se tornem menos consistentes, quando, por exemplo, elas passam a considerar os elementos inovadores do sistema mais atrativos, modificando os parâmetros de análise utilizados previamente. Quando isso ocorre, os algoritmos do sistema Interativo de Computação Evolutiva têm dificuldade em lidar com as divergências, prejudicando o resultado da Função de Adaptação.

Apesar dos problemas apontados, uma avaliação estética computacional autônoma ainda não é um enigma fácil de ser resolver. O autor aponta diversos casos de sucessos parciais utilizando-se Funções de Adaptação Estética realizadas automaticamente, além de casos em que modelos conexionistas, baseados em redes neurais, foram aplicados em avaliações completamente autônomas pelo sistema ou realizadas em conjunto com os interatores de forma híbrida. Um exemplo referente aos tipos de diferenças nos resultados estéticos que podem ser obtidas por avaliações autônomas e baseadas em especialistas pode ser visto nas pesquisas de DiPaola, McCaig, Carlson, Salevati e Sorenson (2013).

Além dos problemas relacionados à Função de Adaptação Estética, Galanter (2010a) aponta uma outra questão intrínseca à Arte Computacional Evolutiva: a diferença entre os níveis de complexidade presentes na natureza e nas suas representações genéticas, quando comparados aos sistemas computacionais utilizados. A noção de complexidade empregada nesse caso (GALANTER, 2003; GALANTER, 2008) é semelhante à proposta por Dawkins (1986) em sua complexidade organizada, na qual existe um nível de organização dinâmica ótima relacionada à sua efetividade no contexto. Essa efetividade permite ao sistema exibir comportamentos emergentes em diversas camadas distintas, diferenciando-se de sistemas mais simples, como os fractais (Figura 2).

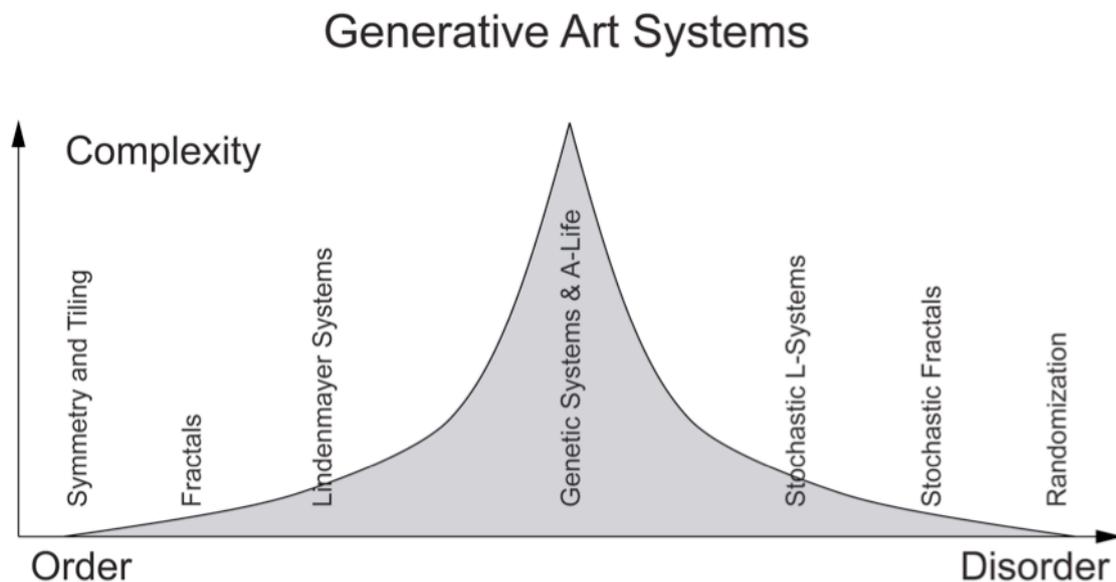


Figura 2: relação entre a complexidade efetiva e o nível de organização do sistema, retirado de Galanter (2003).

De maneira oposta, sistemas simples tendem a ser altamente organizados, com pouca informação, ou desorganizados (caóticos), exibindo um baixo nível de complexidade e levando a apenas uma camada de emergência. Devido a essa característica, os sistemas que apresentam a emergência em um único passo não são capazes de demonstrar o processo evolutivo, que depende da seleção acumulada em diversos degraus distintos para exibir os diferentes extratos de

inovação.

Devido a essa questão, os artistas tendem a ficar mais atentos aos efeitos de fenótipo dos genes do que às relações de seleção e evolução à longo prazo. O autor apresenta quatro tipos de representações genéticas que permitem um maior nível de *capacidade de complexificação*. O primeiro (a) refere-se ao uso de parâmetros fixos na representação genética, como, por exemplo, o uso de um gene que define diretamente o tamanho da cabeça de um ser. O segundo (b) refere-se à utilização de um parâmetro extensível de representação, com um gene capaz de definir o tamanho de uma perna e outro que defina a quantidade de pernas que a criatura deve ter. O terceiro (c) refere-se a uma representação mecânica direta, na qual o resultado final do produto não é definido, mas o seu processo de concepção, como, por exemplo, um gene que define uma regra sobre como um desenho deve ser realizado. Teoricamente, as possibilidades, em termos de resultados, são ilimitadas. Contudo, esse processo é capaz de realizar o desenho uma vez só, contendo apenas uma camada de emergência na sua construção. O quarto tipo (d) refere-se a uma representação mecânica reprodutiva, que funciona de maneira similar à anterior, mas é capaz de se reproduzir ou contribuir para uma nova entidade em um outro nível de complexidade e escala. É essa quarta representação genética que deve ser buscada pelos artistas atuais para que seja possível a presença das diversas camadas de emergência em suas poéticas.

Além disso, existe também a necessidade de uma nova noção estética para a Arte Computacional Evolutiva. A sua aplicação simples e direta não necessariamente agrega valor ao sistema concebido. Contudo, o que pode-se construir a partir desses sistemas é que se torna o grande diferencial. Apesar de não ser uma abordagem nova, a questão da metacriação é central nesse processo. Nesse sentido, o autor propõe que o potencial estético pretendido está na representação honesta da essência natural da mídia empregada em sua mais pura forma. Por isso, no caso da Arte Computacional Evolutiva, o foco do trabalho deve ser o processo de evolução em diferentes camadas de emergência, que é, por essência, um processo ascendente (*bottom-up*).

Talvez seja esse o principal problema com o processo de criação de sistemas emergentes. Na maior parte das vezes, eles são concebido em uma lógica descendente (*top-down*) de criação. Assim, os artistas tentam elaborar as regras que permitem a configuração das representações já intencionadas, em vez de simplesmente permitir que as diferentes camadas de inovação emerjam. Portanto, Galanter (2010a) aponta que, sob um ponto-de-vista essencialmente teórico, a Arte Evolutiva baseada em uma Função de Adaptação concebida *a priori* é incoerente por autocontradição.

Esse é o exato ponto de convergência com o trabalho proposto. O seu procedimento de criação se deu com foco em repetidos processos de experimentação ascendentes, visando as possibilidades de emergência a partir de mudanças sutis nos comportamentos programados. No entanto, essa não é uma tarefa simples. Para que o sistema exista e possa se desdobrar em diferentes camadas, um longo processo de balanceamento e ajuste é necessário.

Isso ocorre por dois fatores distintos, não desenvolvidos nos argumentos de Galanter. O primeiro é justamente o menor nível de complexidade do sistema virtual proposto com relação à natureza, conforme expõe o autor. A ausência de complexidade no ambiente virtual etéreo faz com que as possibilidades de organização interna sejam restritas, demandando um nível de coordenação muito maior para que novas entidades em maiores escalas sejam possíveis. Sem uma proposta de organização em termos de complexidade efetiva por parte do artista, as vidas artificiais e as camadas emergentes se tornam altamente improváveis. Nos casos em que a poética se concentra no processo de evolução das vidas dos indivíduos, e não busca um repertório de resultados selecionado e visualizados *a posteriori*, o processo se torna inviável.

O segundo fator que dificulta essa prática refere-se à necessidade de um sistema acelerado que permita uma ilustração do processo evolutivo de maneira mais rápida, pois é necessário muito tempo para que a seleção acumulada ocorra naturalmente, conforme apresenta Dawkins (1986). Na natureza, a batalha de um indivíduo contra a entropia, ou seja, o equilíbrio energético com o meio (a sua morte), é altamente improvável em seus estágios iniciais de adaptação. O que

ocorre é a disponibilidade de um tempo tão grande, que passa a tornar provável essa improbabilidade. Nesse sentido, o sistema precisaria ser inicializado milhares de vezes para que, a partir de regras muito simples, as diferentes camadas de emergência pudessem ocorrer, como acontece na natureza (WHITELAW, 2004).

Por isso, considerando-se os dois fatores, o sistema concebido deve possuir agentes computacionais capazes de se organizar em arranjos interessantes na maior parte das situações, e não somente depois de se inicializar o sistema algumas milhares de vezes. Para tanto, as suas características devem ser determinadas e calibradas diversas vezes, sempre seguidas de estudos empíricos que permitem verificar subjetivamente ou quantitativamente o seu impacto à longo prazo no sistema. Esse nível de complexidade inicial é necessário para que seja possível vislumbrar o efeito da evolução em uma escala humanamente compreensível, de maneira diferente do que acontece lentamente no mundo à nossa volta.

Apesar de importante, é exatamente esse nível de complexidade inicial, programado em suas regras em uma abordagem descendente, que limita as possibilidades de emergência em escalas maiores, conforme os desdobramentos ocorridos no sistema *Tierra*, proposto por Ray (2000), que tende a estabilizar a evolução de suas criaturas com o passar do tempo. Talvez fosse necessária uma nova leva de milhares de inicializações até que fosse possível vislumbrar uma nova entidade surgir a partir de pequenas modificações genéticas ao longo das gerações. Assim, o passeio pelo espaço genético das vidas artificiais poderia ocorrer lentamente, limitando as chances de uma extinção.

Cabe ao artista experimentar exaustivamente de forma empírica o seu procedimento de balanceamento para conseguir favorecer tal processo. Talvez essa seja a maior dificuldade encontrada nas questões apresentadas por Galanter (2010a) quanto à prática da Arte Computacional Evolutiva. O artista deve definir o nível de controle *versus* emergência pretendido para o sistema em questão.

Também reforça-se que o intuito do presente trabalho é o de buscar um

equilíbrio entre os conceitos inspiradores a serem expressos pelo sistema e o seu nível de complexidade de desenvolvimento. Não busca-se uma proposta que faça o artista se desdobrar conceitualmente em cima de comportamentos gráficos simples e possibilidades de interação limitadas, nem uma poética rasa expressa por processos computacionais complexos e elaborados. O que se espera é uma poética expressa por comportamentos visuais e sonoros derivados diretamente dos cálculos matemáticos idealizados, de maneira que o processo criativo se concentre na relação entre a matemática e os processos computacionais manipulados com enfoque nos resultados de comportamentos visuais e sonoros obtidos, como uma forma de ser fiel à abordagem escolhida, conforme sugere Galanter (2009).

1.4 Design de Interação

Ao longo da presente seção, foram apresentados os conceitos que devem ser sugeridos aos interatores durante o contato com a poética, seguidos dos princípios que devem reger o seu processo de desenvolvimento e da delimitação do seu campo de atuação. No presente tópico, espera-se conceituar o seu processo de criação, que abrange desde a fase em que as noções de vida e evolução são projetadas para o futuro sistema, até o seu fazer propriamente dito, com o desenvolvimento e balanceamento dos comportamentos dos seus agentes computacionais.

Por isso, mesmo compreendendo que a Morfogênese seja inserida no campo da Arte Computacional, com natureza híbrida entre Arte e Computação, o seu método de criação mescla ainda características comuns à outra área do conhecimento. Além do seu diálogo com a matemática, a filosofia e biologia, é destacada a sua relação de semelhança com o processo de Design, especialmente o Design de Interação.

O Design de Interação é entendido como a disciplina de Design que define a estrutura e o comportamento de produtos e serviços interativos e suas interações com usuários, conforme proposto pela Interaction Design Association (2004). Ou ainda, como diria Nathan Shedroff (1994), Design de Interação consiste essencialmente em se criar e contar histórias. Nesse sentido, Malouf (2007) afirma que o seu foco é essencialmente voltado para a concepção da estrutura de interação entre as pessoas e os produtos interativos, ou a interatividade entre as pessoas, mediadas pelos artefatos interativos.

O autor aponta ainda, que os seus fundamentos devem se diferenciar de outras disciplinas de Design voltadas para as soluções essencialmente gráficas. Em vez de manipular as variáveis da forma, linha, cor, luz, dimensão, volume, espaços negativos, o designer de interação deve se concentrar em questões que envolvam o tempo, segmentando as ações em passos, definindo reações, adequando-as aos contextos dos interatores, sugerindo as metáforas empregadas na navegação, experimentando os níveis de abstração entre as intenções e as ações propostas, considerando os espaços negativos específicos dessa natureza, como as pausas, as inatividades, e também as possibilidades de interseções entre distintas interações em uma mesma navegação.

Por isso, ao se propor a narrativa de interação como seu principal objeto de estudo, não significa que os modelos de estrutura propostos tenham necessariamente que adotar uma metáfora figurativa de navegação. A narrativa é entendida como uma transmissão e apropriação de estímulos entre as pessoas e os sistemas, mediadas por sua interface. Nesse sentido, ela representa o elemento estrutural das relações entre as pessoas e os sistemas, ou entre pessoas por meio desses sistemas.

Enquanto objeto de Design, as narrativas são concebidas em diversos níveis de escala. São estudadas as macroestruturas de navegação, mapeando-se as ações e respostas possíveis para o sistema proposto, assim como são consideradas as micro interações das pessoas em situações específicas do contexto, estimulando-se experiências significativas e que permitam cativar as pessoas pela sua facilidade de uso, tangibilidade das ações e pelo início de uma

relação afetiva que transforma a experiência dos usuários com o sistema (SAFFER, 2013). Além disso, serão consideradas as relações sociais propiciadas pela poética a ser experimentada pelos seus interatores (CRUMLISH & MALONE, 2009).

É importante lembrar que, apesar da especificidade desse domínio, o Design de Interação continua mantendo as características do processo de Design, muitas vezes diferenciando os seus procedimentos de outros profissionais que atuam em áreas semelhantes, como a Arquitetura da Informação. É característica de um processo de Design a busca pela inovação por meio de um processo criativo de geração de respostas formais e estruturais, gerando possíveis soluções para um problema a partir da compreensão de seu contexto real (SAFFER, 2006). No caso dos sistemas interativos, designers não buscam a organização do conteúdo de uma interface de maneira mecânica, restritos as características intrínsecas à natureza do conteúdo, mas procuram por novas formas de resolver o problema de navegação, gerando valor agregado por serviços ou experiências oferecidas aos usuários. Em outras palavras, designers de interação concebem a navegação. O foco na narrativa permite que o designer favoreça o seu processo criativo na geração de alternativas para o produto que está sendo concebido. Ao se realizar o projeto de sistemas interativos de maneira segmentada, a não participação do designer na definição da estrutura do sistema elimina a sua possibilidade de contribuição com o produto final, impedindo a sugestão de novas funções, formas de acesso ou de visualização do conteúdo.

Para que essas contribuições ocorram, o método é um elemento central do processo de Design. Para diversos autores, a abordagem do Design é frequentemente associada ao contexto de Resolução de Problemas, ou seja, o projeto é orientado a uma questão externa a ser transformada, de cunho social, comercial ou ambiental (BONSIEPE, 1984; MUNARI, 1998; MALDONADO, 1999; PAPANEK, 2000; LÖBACH, 2001; VASSÃO, 2010). Ao compreender a ação de Design como um artifício para a solução de um problema, busca-se a Teoria Espacial de Newell e Simon (1972, em STERBERG, 2000) para elucidar melhor a fundamentação do processo de Design.

Em sua teoria, os autores afirmam que a resolução de um problema é antecedida por um processo de compreensão e busca na construção do Espaço do Problema. Esse espaço é composto por diferentes estados, que separam a situação atual do contexto da situação intencionada. Assim, os problemas são compostos pelos seguintes elementos: (a) Estado Inicial, (b) Estado Final (objetivos), (c) Estados Intermediários, (d) os Obstáculos presentes no caminho e (e) os Operadores, entendidos como alternativas possíveis para a desobstrução dos obstáculos.

O Espaço do Problema é circunscrito por operações que nem sempre obedecem a um percurso pré-determinado, na medida em que permitem atalhos, para finalmente configurar o seu Estado Final. Nesse processo, o Estado Inicial é modificado, passando pelos Estados Intermediários, rumo a construção do seu Estado Final (Figura 3).

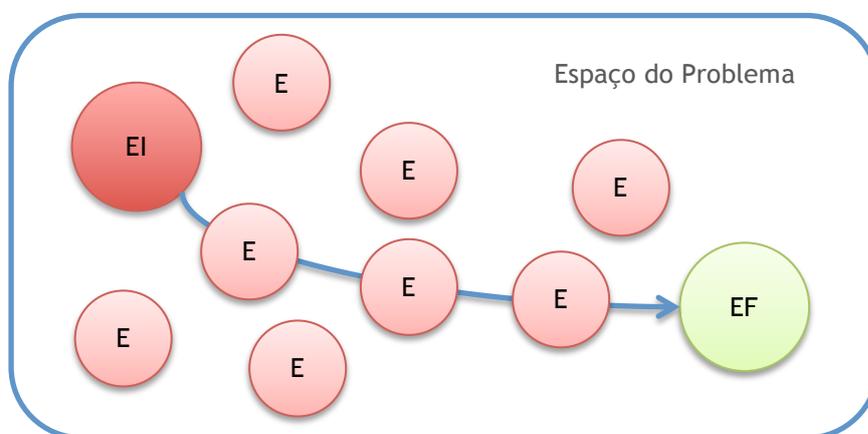


Figura 3: esquema ilustrativo da Teoria Espacial de Newell e Simon (1972), adaptado de Sternberg (2000).

Por essa razão, durante o processo de resolução de um problema, o designer busca a mediação entre os conhecimentos técnicos e as experimentações acerca das possíveis soluções idealizadas. Assim, ele navega pelo espaço do problema enquanto gera as alternativas de forma e estrutura para seu produto. Por isso, esse processo mescla (a) a busca pelo conhecimento técnico, adotando-se os mais diversos tipos de pesquisas, e (b) experimentação

das possíveis soluções de acordo com a natureza do problema, relacionando os fragmentos analisados em uma abordagem subjetiva. Para tanto, projetista adota estratégias que visam a superação dos obstáculos encontrados na concepção de novos produtos, derivadas de seu repertório e alimentadas pela sua experiência de mundo, transpondo o conhecimento ou procedimento para uma aplicação.

Segundo Sternberg (2000), a transposição de um conhecimento ou habilidade de uma situação problemática para outra é denominado Transferência. A Transferência é Positiva quando a resolução de um problema anterior favorece a resolução de um novo problema que guarda analogia por meio da aplicação de uma estratégia ou solução bem sucedida. Em contrapartida, quando a experiência na resolução de um problema anterior dificulta ou impede a resolução de outro posterior, tem-se a Transferência Negativa. Esse processo ocorre como um atalho mental, desde que sejam mantidas as pistas favoráveis à sua recuperação e úteis durante a etapa de projeto. Essas pistas podem auxiliar os designers a elaborarem estratégias operatórias (ABRAHÃO *et al.*, 2009; GUÉRIN *et al.*, 2001), de natureza algorítmica ou heurística, como forma de enriquecer sua representação e favorecer a sua decisão (STERNBERG, 2000; ANDERSON 2004; MATLIN, 2005).

Um processo evolutivo natural é a utilização de heurísticas, atalhos mentais, que tornam mais leve e econômico esse processamento cognitivo (STERNBERG, 2000). O raciocínio heurístico é determinado pela natureza do problema e a sua relação com as experiências anteriores das pessoas e suas características individuais. Também é influenciado pelas pressões temporais e está condicionado ao risco envolvido na tarefa, elevando a probabilidade de erro no diagnóstico e na tomada de decisão (MARMARAS & KONTOGIANNIS, 2001; MARMARAS & PAVARD, 2000). O processo decisório pode envolver diferentes heurísticas. Silvino (2004) aponta as seguintes heurísticas como frequentes em processos de resolução de problemas: (a) disponibilidade, (b) meios-fins, (c) representatividade e (d) gerar e testar.

A heurística de representatividade é definida pela possibilidade de um julgamento prévio da probabilidade de ocorrência de um evento (STERNBERG,

2000). Os cálculos probabilísticos sobre a ocorrência do evento são subjetivos, podendo levar também a um julgamento errôneo e resultar em uma ação mal sucedida. Ela ocorre como um atalho que julga a probabilidade de uma associação com base na experiência anterior, mesmo que não haja uma explicação direta para tal associação, como por exemplo, o estereótipo. Essa característica de funcionamento cognitivo humano por atalhos é muito importante para o contexto de resolução de problemas. Aplicado ao Design, ele pode favorecer a adoção de técnicas que utilizem esse atalho para favorecer as associações semânticas do projetista, ou mesmo permitir que ele evite determinados julgamentos prévios sem a análise mais detalhada do problema em questão. Ainda, esse efeito permite ao designer recuperar traços incompletos de informações pertinentes acerca da estruturação do problema e aplicá-los durante a fase de ideação, guiando a sua experimentação.

A heurística de disponibilidade está associada ao quão facilmente recupera-se uma informação na memória com base em ativações recentes do padrão de ativação (STERNBERG, 2000). Por isso, ao se estudar o contexto do problema de design ativamente, essa heurística permite a evocação recorrente das características mais importantes das pesquisas que possam ser relacionadas às alternativas geradas, tornando-as mais pertinentes. O processo contrário também pode ocorrer, no qual uma solução parcial para o problema de Design permanece incompleta e a apropriação de um conhecimento técnico específico é relacionado à solução em questão, ligando as duas informações durante o processo de refinamento das alternativas.

A heurística meios-fins ocorre quando o problema é analisado considerando-se o seu estado final, no qual o sujeito age tentando o diminuir a distância entre o estado atual do problema e os seus objetivos finais (STERNBERG, 2000). Esse procedimento é muito comum à fase de geração de alternativas no processo de Design. Ele explica a maneira como os desenhos, fluxos, esquemas, listas, modelos são realizados e modificados, visando um refinamento e adequação das ideias até uma alternativa adequada para se resolver o problema.

Finalmente, a heurística de gerar e testar, comumente chamada de tentativa

e erro, o curso da ação é gerado de forma não sistemática e o resultado é avaliado posteriormente (STERNBERG, 2000). Esse é um procedimento de avaliação no qual se tenta modificar o estado atual do problema, verificando-se apenas posteriormente a pertinência do novo estado obtido. Geralmente, essa é uma estratégia que auxilia o designer a reformular a sua representação sobre o problema de design, evitando problemas de fixação em um estado específico, descritos detalhadamente mais adiante.

Essas heurísticas são atalhos que contribuem para a construção de estratégias de resolução de problemas, alimentadas por uma experiência anterior, vinculando a nova experiência ao conhecimento já adquirido. Elas são fatores essenciais no processo de subjetivação que envolve a relação dos conhecimentos técnicos e experimentações no processo de Design. Além disso, elas ilustram que a atividade de resolução do problema pode ocorrer de forma concomitante ao domínio dos elementos componentes do problema, não sendo necessária uma divisão rígida dessas etapas. Contudo, Newel e Simon (1972, em STERNBERG, 2000) apontam que essa apropriação acerca dos componentes do problema, denominada Estruturação do Problema, é fundamental e, em muitos casos, chega a ser determinante do seu sucesso efetivo.

No mesmo sentido, Saffer (2006) aponta a presença frequente de dois ciclos de expansão e retração em processos de Design. O primeiro ciclo consiste na realização de pesquisas que visam fragmentar o objeto de estudo em uma análise do contexto dos produtos, que depois são agrupadas em uma síntese de ideias estruturadas sobre as suas principais características pretendidas, os seus requisitos. O segundo ciclo se inicia em um processo abrangente de idealização, que vai sendo refinado quando comparado aos princípios oriundos do ciclo anterior, até a proposta de uma solução completa (VIANNA *et al.*, 2012). Ao se relacionar com o modelo de Newel e Simon, esses ciclos se referem às etapas de Estruturação e Resolução do Problema, respectivamente.

Esse processo de duplos ciclos aumenta a probabilidade de sucesso da alternativa sugerida pelo designer, e por isso é a base de seu método (SAFFER, 2006). Cabe ressaltar que, conforme explicitado anteriormente, o processo de

resolução do problema não precisa ser posterior à sua estruturação, de forma que ambos os ciclos podem ocorrer concomitantemente. Esse processo é ilustrado pela Figura 4, que demonstra um Modelo Genérico de Design em que as etapas não seguem uma estrutura linear, e as características pretendidas para o produto surgem de pesquisas acerca do seu contexto ou de experimentações de suas formas ou estruturas possíveis.

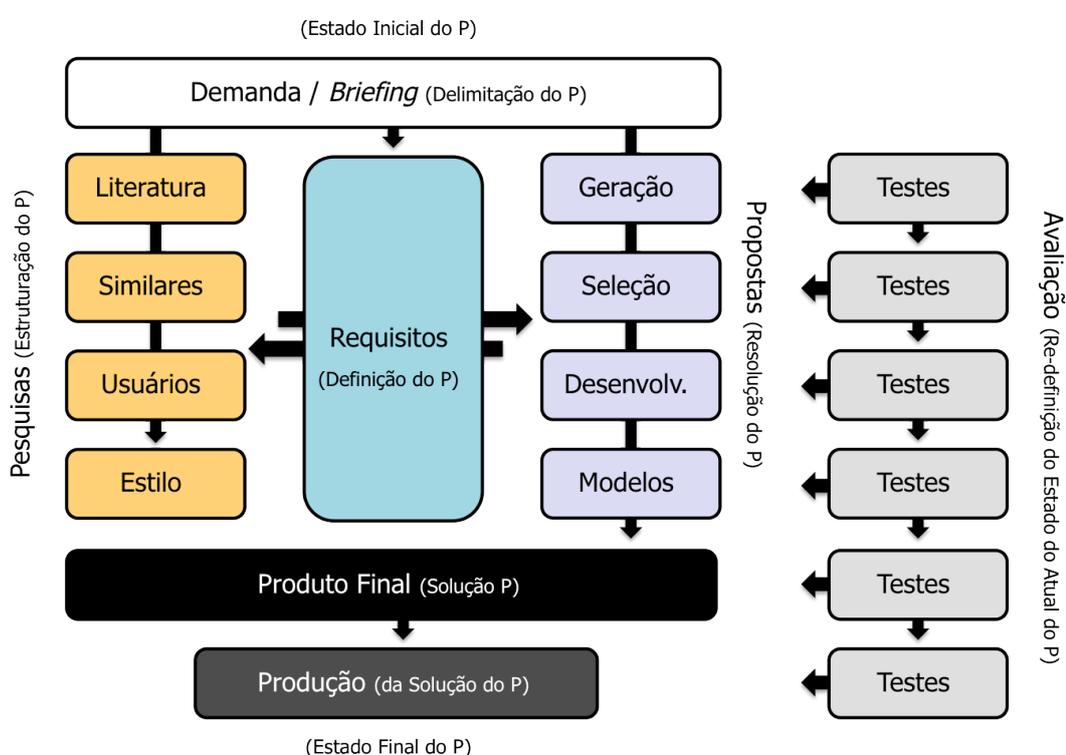


Figura 4: Modelo Genérico de Design baseado no processo de Resolução de Problemas.

De acordo com o modelo sugerido, o designer inicia o projeto na (a) Delimitação do Problema, que consiste no entendimento sobre o Espaço do Problema, definindo-se os seus objetivos, motivações, constrangimentos, e todas as informações necessárias sobre quem demanda o problema. Nessa etapa, geralmente são realizadas entrevistas com responsáveis, o *briefing*, são discutidas a Proposta e o Contrato de Trabalho. Em seguida, o projetista pode optar por compreender melhor o problema de Design em questão, as características pretendidas para o produto ou tentar solucioná-lo diretamente.

O primeiro ciclo de análise e síntese consiste na (b) Estruturação do Problema, no qual as pesquisas são realizadas para ampliar a confiabilidade da solução final proposta. Nesse momento, diversas técnicas de pesquisa podem ser adotadas, como a análise documental, os questionários, entrevistas, grupos focais, observações globais ou sistemáticas, entre outras (COZBY, 2003; MARCONI & LAKATOS, 2008; MARTINS & THEÓPHILO, 2009). Lembra-se que a lógica da construção do conhecimento não segue um campo epistemológico específico, considerando-se que o objetivo do projeto não é a produção do conhecimento sobre os fenômenos naturais ou sobre o comportamento das pessoas, mas um conhecimento técnico específico acerca do problema de Design (BONSIEPE, 1997). Geralmente, quando o designer realiza uma pesquisa empírica nessa etapa de projeto, o seu objetivo é obter uma nova representação acerca do produto, do seu contexto ou de seus usuários, mudando o seu ponto de vista sobre as relações entre a sua forma/estrutura e as suas funções/relações de significado. Para isso, pode utilizar técnicas mais específicas, como observação *fly on the wall*, observações globais participativas, uso de *card sortings*, avaliações de consensos e divergências com grupos focais, entre outras técnicas (SAFFER, 2006; PORTIGAL, 2013). O modelo genérico ilustra a etapa de Estruturação com tópicos comuns em pesquisas de Design, como a busca na literatura por normas e legislações específicas, conceitos relevantes para o projeto; o estudo de produtos concorrentes ou similares; o estudo das características ou comportamentos de usuários atuais ou potenciais do produto; estudos de estilo, identidade e marca.

O outro momento de análise e síntese do processo de design possui natureza distinta, no qual o designer tenta buscar soluções de configurações formais ou estruturais na fase de (c) Resolução do Problema. Nessa etapa a experimentação é o guia condutor do processo de ideação e geração de soluções alternativas de design. Diversas técnicas podem ser utilizadas, como os *brainstormings*, o Perfil de Personalidade do Produto, análise da Arquitetura do Produto por desenhos técnicos, protótipos de baixa fidelidade, *blueprints* e *wireframes*, desenhos livres, entre outras (SAFFER, 2006; BAXTER, 1998). Essa

etapa é ilustrada no modelo por processos de geração, seleção e desenvolvimento de alternativas para o produto.

Na mediação entre esses dois ciclos, o projetista realiza a (d) Definição do Problema, visando compreendê-lo melhor a partir dos estudos e experimentações realizadas. Essa etapa consiste em redefinir o problema de Design da melhor maneira possível, detalhando os seus atributos, que foram embasados pela Estruturação e devem ser tangibilizados pela Resolução do Problema. Diversas técnicas focam nessa etapa do projeto, como o modelo Kano (BAXTER, 1998), o Perfil Semântico do Produto (JORDAN, 2000), o *Quality Function Deployment – QFD* (Desdobramento da Função Qualidade), as listas de requisitos, entre outras possibilidades. É importante frisar que essas etapas podem ser navegadas de maneira não linear a depender da natureza do projeto, permitindo que os designers estruturem o problema enquanto o resolvem de maneira dinâmica e flexível, conforme apontado anteriormente na teoria de Newell e Simon (1972).

Ao final desses ciclos entre as etapas apresentadas, o projetista seleciona uma (e) Solução para o Problema, apresentando os *renderings*, desenhos técnicos, arquivos fechados para impressão, detalhamentos técnicos de produção, relatórios, apresentações, modelos, entre outros. Além disso, durante todo o projeto, os testes podem ser realizados com produtos similares existentes, protótipos de baixa fidelidade, funcionais ou modelos do produto projetado, visando avaliar as dimensões de segurança, funcionalidade, acessibilidade, encontrabilidade (MORVILLE, 2005), usabilidade ou agradabilidade (JORDAN, 2000; KHALID & HELANDER, 2006) do produto concebido. Por isso, os testes podem ser considerados como avaliações das soluções formais e estruturais do problema de Design a partir dos parâmetros definidos pelo seu processo de estruturação.

A sequência de ações dentro do Modelo Genérico de Design não segue uma ordem rígida, e o processo evolui de maneira mais rápida quando as etapas são alternadas de forma ágil e repetidas frequentemente, mas não sempre na mesma ordem (MOGGRIDGE, 2007), ilustradas pelo esquema apresentado na Figura 5. É importante lembrar que, geralmente, o processo é conduzido por uma equipe, e

não por uma única pessoa. Por isso, os diferentes papéis assumidos pelo projetista podem ser personificados por um ou mais integrantes da equipe. Ainda, em composições de equipes com formação heterogênea, modelos comuns de representação das informações pertinentes ao projeto se mostram de suma importância. Por exemplo, durante o projeto de jogos eletrônicos, os desenvolvedores, artistas, músicos e *game designers* devem ser capazes de compreender as informações com naturezas distintas, mas igualmente vinculadas ao projeto, de uma maneira coerente, sintetizando todas as propriedades esperadas no produto desenvolvido de forma coesa.

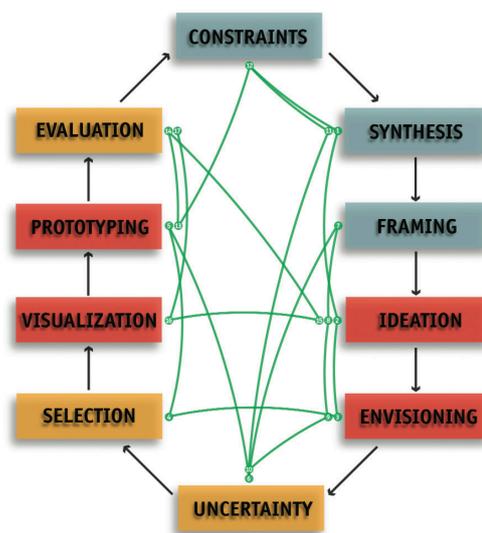


Figura 5: elementos componentes do processo de Design, retirado de Moggridge (2007).

No esquema proposto por Moggridge (2007), o processo de Design é composto por dez elementos que definem a natureza da ação do designer ao longo do projeto: restrição, síntese, enquadramento, ideação, previsão, incerteza, seleção, visualização, prototipação e avaliação (tradução livre do autor). As linhas verdes representam um percurso realista e não linear da ordem de navegação entre as etapas e a linha preta ilustra seu caráter cíclico.

A adoção dessa lógica no processo de design permite não só o entendimento do papel do designer em cada uma das diferentes etapas de projeto,

compreendendo o contexto do produto projetado ou experimentando as suas possíveis soluções, mas permite também a adoção de algumas das contribuições da *Gestalt* para o contexto de resolução de problemas. Para descrevê-las, é necessário primeiramente entender o modelo de arquitetura cognitiva proposto por Anderson (1983), o *Cognitive Architecture Process – CAP**.

Esse modelo pressupõe a existência de redes semânticas que agregam os conhecimentos declarativos e procedimentais em uma estrutura que se assemelha à Memória de Longo Prazo dos modelos clássicos de memória. Essas redes de conceitos são conectadas com base em relações de significado e são organizadas com base na sua frequência de utilização, favorecendo ou inibindo determinadas associações por frequência de co-ativação. O efeito ocorre porque por essa rede transita um padrão de ativação, uma energia com quantidade determinada que se espalha pela rede, responsável pela ativação de seus nós, que equivale à Memória de Trabalho (antiga Memória de Curto Prazo) dos modelos clássicos. A transmissão dessa energia reforça os laços entre os nós, inibindo os caminhos alternativos de dispersão. A partir do uso dessa estrutura, os estímulos externos e internos, mediados por processos perceptivos e atencionais, resultam em padrões altamente dinâmicos, que retratam reconstruções simbólicas incompletas dos objetos originais. Um esquema ilustrativo de funcionamento do CAP* pode ser visto na Figura 6.

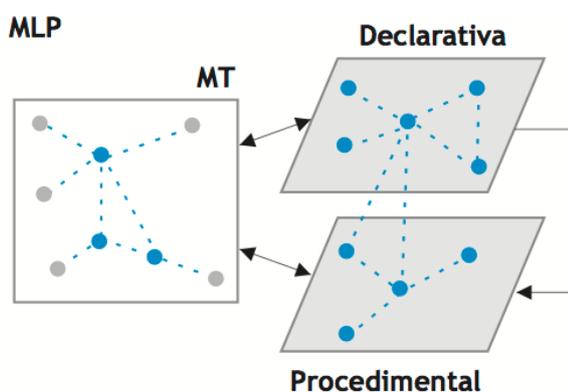


Figura 6: esquema ilustrativo do Cognitive Architecture Process – CAP*, adaptado de Sternberg (2000).

Essas características permitem ao modelo explicar as situações em que padrões de ativação específicos favorecem a evocação de determinado conteúdo semântico ou operacional em detrimento de outros. Por isso, a depender da situação específica do contexto, a recuperação de uma informação pode se tornar um desafio, mesmo quando as pessoas tentam realizar essa tarefa voluntariamente. Ao se mudar a situação, a energia do padrão de ativação segue um outro caminho na rede, e a informação pode ser acessada. Essa lógica é fruto de um processo evolutivo que surge pela economia de recursos em sua utilização, e permite o entendimento da adoção das estratégias heurísticas descritas como atalhos mentais em contextos de resolução de problemas.

O processo de distribuição dessa energia na rede semântica também sofre influência de distintos processos afetivos, em situações de estados de afeto positivo ou negativo, favorecendo a ativação de emoções ou sentimentos presentes nas experiências das pessoas, mescladas com a dimensão cognitiva e ativando representações na Memória de Trabalho (LEDOUX, 2001; ABOULAFIA & BANNON, 2004; KHALID, 2006). Evolutivamente, os componentes cognitivos e afetivos foram associados e aprimorados para gerar uma atribuição de significado e valor, respectivamente (NORMAN, 2004).

Além disso, o modelo também permite explicar algumas características de funcionamento da memória que podem auxiliar o designer ao longo do projeto em um processo de metacognição. Essas estratégias são adotadas em diferentes ferramentas de design, voltadas para o estímulo da criatividade durante a fase de ideação do projeto. Nesse contexto, a criatividade é entendida como a possibilidade de se realizar associações não convencionais desses campos semânticos, dados os padrões já estabelecidos de Representações Sociais existentes nos grupos.

Um exemplo do uso desse atributo pode ser identificado na técnica conhecida como *brainstorming*. Ela consiste na exposição de ideias e associações sem julgamentos para solucionar um determinado problema. O

objetivo é permitir a quebra das representações comuns dos integrantes dos grupos por meio das ideias apresentadas. Por isso, o fato de não se avaliar e tolir as ideias dos participantes durante a fase de proposições é tão importante. Os seus padrões de ativação mudam dinamicamente de acordo com as soluções intermediárias, que permitem o acesso a um outro caminho na rede de conceitos, aumentando a probabilidade de se obter uma associação não convencional que seja relevante.

Na maior parte dos casos, o objetivo das técnicas que visam criatividade é o de permitir que o designer modifique o seu padrão de ativação ao resolver o problema. Isso permite que ele tenha uma nova representação do Estado Inicial do problema, reformulando a maneira de compreendê-lo. Nesses casos, vieses causados por obstáculos de representação inicial podem ser superados mais rapidamente. Por esse motivo, muitas vezes os projetistas são estimulados a formular o problema da forma mais ampla o possível, visando não restringir as possibilidades de solução logo na sua primeira etapa. Além disso, essa flexibilidade permite ao designer recombinar as informações obtidas na fase de estruturação do problema de maneiras não convencionais, aumentando o seu leque de opções e repertório.

Somam-se aos Problemas de Representação Inicial outras situações semelhantes que causam o efeito conhecido como Persistência do *Set* (STERNBERG, 2000). Nessas situações, o padrão de representação é evocado sistematicamente ao se tentar resolver determinado problema, mas os caminhos na busca de uma associação pertinente não são favorecidos. Nesses casos, os problemas de representação inicial se tornam persistentes, dificultando a adoção de novas estratégias. Diversas técnicas de experimentação em Design, como a Sinética, a Analogia, ou o MESCRAI (BAXTER, 1998), são utilizadas para se evitar dificuldades dessa natureza durante a fase de ideação do projeto.

Uma outra situação semelhante é conhecida como Fixidez Funcional. Nessas situações, o Problema de Representação Inicial persiste devido a uma forte associação à função já conhecida de um determinado objeto ou sistema, dificultando a possibilidade de visualizações de outras abordagens mais

pertinentes ou otimizadas. Nesse sentido, técnicas de *Benchmarking* são estimuladas para que soluções pertinentes adotadas por produtos concorrentes, ou mesmo produtos de nichos completamente distintos, mas que possuem alguma similaridade na dimensão avaliada, possam ser transpostas para o projeto em andamento.

O modelo também explica o processo de *Insight*, no qual um problema é resolvido somente depois de um período de afastamento da intenção de resolvê-lo. Esse efeito ocorre porque a representação se modifica drasticamente ao se realizar outras atividades de diferentes naturezas, mas o cérebro é capaz de manter ativa a lembrança de que a solução para o problema ainda não foi encontrada.

A adoção dessa estratégia de maneira explícita no processo de design foi proposta na escola de Ulm, denominada de Processo Criativo Quântico (WOLLNER, 2010). O processo é descrito como uma sequência de passos para o designer durante a fase de projeto, que consistem em: (a) preparação, (b) incubação, (c) *insight* criativo ou comunicação *Gestalt*, (d) manifestação e (e) comunicação. O modelo descreve o uso do processo de *Insight* como o centro do método de Design, no qual o projetista deve primeiramente estudar o problema de design, depois realizar outras atividades que propiciem a associação criativa, realizar a associação, voltar a vincular a ideia explicitamente ao projeto, realizando todos os ajustes técnicos necessários e documentá-la, respectivamente.

A compreensão de Design enquanto Processo de Resolução de Problemas permite o entendimento do campo epistemológico do Design como projeto, que relaciona conhecimentos oriundos de diferentes abordagens científicas, artísticas e de tecnologias disponíveis com intenção de transformação e inovação sociocultural por meio da articulação da interface entre os usuários e os artefatos projetados (BONSIEPE, 1997). Para tanto, o método específico de cada projeto depende da natureza do problema abordado, devido a sua necessidade de se relacionar intimamente ao seu contexto, e também devido ao caráter interdisciplinar intrínseco ao processo de Design (CIPINIUK & PORTINARI, 2006).

A depender do contexto do produto, do seu nível de complexidade, dimensão ou das relações com seus iteradores, essa abordagem metodológica pode seguir um processo de orientação ascendente (*bottom-up*), na qual se tem um projeto por desvelamento em vez de determinístico. Nesses casos, as decisões são tomadas a partir da experimentação, adequando o planejamento ao contexto de complexidade inerente ao projeto, visando-se fragmentar os seus diferentes segmentos em núcleos inteligíveis e gerenciáveis de projeto, além de adequar as soluções propostas ao contexto em processos de balanceamento e ajustes cíclicos e contínuos (MORAES, 2010; VASSÃO, 2008; 2010; VIANNA *et al.*, 2012).

Portanto, a partir da abordagem metodológica e fundamentação teórica acerca do processo de Design descritos, espera-se empregar os conhecimentos apresentados em uma sequência de ações que permitam a concepção de um sistema que contenha os atributos de interatividade planejados. Entende-se que o planejamento prévio das características pretendidas para a narrativa são um atributo natural desse domínio. No presente trabalho, ao mesmo tempo que os resultados e arranjos foram experimentados e ajustados ao longo do processo por desvelamento, a intenção original foi guiada por um projeto determinístico: a narrativa previamente designada. O comportamento do sistema e seus principais atributos conceituais foram idealizados primeiramente, visando criar a relação pretendida entre o iterador e a poética intencionada.

Além dessas características, somam-se ao presente projeto os procedimentos naturais da área de Design, como a definição de um *briefing* contendo as instruções iniciais que guiam o projeto, o processo de investigação que alimenta o processo criativo, incluindo os constrangimentos e possibilidades tecnológicas, a busca de outras soluções para os problemas apresentados, a experimentação visual e sonora, em um processo modular de geração de alternativas, os testes e balanceamentos realizados pela avaliação de protótipos, entre outras.

No entanto, cabe destacar que, apesar de todas as similaridades apresentadas, considerando-se a função principal projetada para a Morfogênese

a partir desse processo, que possui natureza estética e simbólica, entende-se que o campo principal do presente trabalho seja a Arte. Essa conclusão advém principalmente a partir da intenção da obra concebida, que visa a atribuição de um novo sentido e valor aos processos computacionais contemporâneos, revendo o seu significado no determinado contexto, não mais de função prática (LÖBACH, 2001), consistindo em uma poética.

Em suma, está longe de ser a intenção do autor elaborar um tratado acerca da relação entre a Arte e o Design. Já considera-se conflitante a categorização dos procedimentos utilizados durante a fase de experimentação enquanto Arte ou Ciência da Computação. O que espera-se é apresentar as características do caminho percorrido e suas origens tão diversas e, ao mesmo tempo, comuns, unindo a Arte e a Ciência pela sua principal característica: o seu espírito inventivo (SANTAELLA, 2012). Assim, processos de pensamento divergentes, comuns ao Design e à Arte; e convergentes, presentes em abordagens científicas, são mesclados na busca por soluções inovadoras em etapas concretas e abstratas de projeto (MAEDA, 2010; 2013; CROSS, 2011; BROWN, 2009; SOUTO, 2012). Durante o processo criativo, as fronteiras com outras áreas do conhecimento também foram transpostas, expondo o seu caráter transdisciplinar. Elas serão evidenciadas na apresentação do processo de concepção da poética, exibido mais adiante. A seguir, a sua relação com a experiência estética planejada e a disciplina de neuroestética são abordadas, ilustrando as possibilidades de estudos que podem ser realizadas a partir da poética expressa e, ao mesmo tempo, justificando o seu caráter dinâmico na relação com o interator.

1.5 Estética e Neuroestética

Nos tópicos anteriores, a presente seção se concentrou em apresentar conceitos originados em diferentes áreas do conhecimento com intuito de descrever os comportamentos esperados para a poética, como a mecânica da

vida e dos sistemas complexos; caracterizar o seu funcionamento enquanto sistema computacional; situar o seu campo epistemológico e discutir o percurso metodológico adotado na sua confecção. Para finalizar a seção, o presente tópico visa realizar um breve diálogo a respeito das questões estéticas que orientam as perspectivas em torno das experiências dos interatores com a poética, assim como apresentar o campo da neuroestética, que estuda tais questões.

A relação entre Arte e Estética é antiga, e acompanha a evolução da história da humanidade desde os primeiros questionamentos realizados pelos filósofos gregos sobre o assunto. Sua origem é a palavra grega *αἰσθητικός*, que se relaciona ao perceber e sentir o mundo à nossa volta. Durante muito tempo, a experiência estética foi abordada como uma busca pela beleza e os padrões do belo. Nesses momentos, as respostas sobre essas questões foram sempre focadas nas experiências dos próprios artistas que propunham as obras. Atualmente, a Arte se interessa mais pelo questionamento da linguagem em si, pela multiplicidade de visões expressas e suas sobreposições, recortes, colagens e apropriações. Outras questões são incorporadas à experiência estética dos interatores, e a maneira de se compreender essas relações também tem se transformado. Contudo, as perguntas sobre a determinação das preferências estéticas das pessoas permanecem e continuam sendo investigadas até hoje.

Atualmente, mantém-se a noção de que a avaliação estética ocorre sob influência de diversas variáveis contextuais, da experiência das pessoas envolvidas, e dos seus mecanismos perceptivos, cognitivos e afetivos. Entende-se que essas relações são frutos de uma complexa relação moldada pelo processo evolutivo, visando aumentar nossas chances de sobrevivência e reprodução (DUTTON, 2003). Nesse sentido, a Estética Evolutiva propõe que uma série de preferências humanas podem ser explicadas a partir de referências ao seu processo evolutivo. Antes de detalhar melhor essa abordagem, é importante compreender como se deu o processo de investigação sobre esse tema ao longo do tempo.

A proposição de uma investigação que incorporasse os interatores acerca de sua experiência estética ocorreu somente no final do século XIX, com o

nascimento do campo de Estética Empírica. Nesse período, Gustav Fechner buscou delineamentos experimentais para pesquisar hipóteses relacionadas à Arte e Estética (CUPCHIK, 1986). Apesar das limitações e críticas de seus estudos, Fechner iniciou uma atual discussão sobre a relação entre os estímulos considerados prazerosos pelas pessoas e o conceito de complexidade. De acordo com o autor, a beleza é composta por uma função de duas grandezas, uma associada à ordem, unidade e harmonia; e a outra relacionada à multiplicidade, diversidade e complexidade.

Apesar de suas formulações sobre a composição da percepção do belo, foi George Birkhoff (1932) quem propôs a primeira fórmula que relacionasse essas variáveis. Ele acreditava que a relação da apreciação estética estava associada ao esforço cognitivo realizado pelas pessoas para compreender o estímulo apresentado, relacionado à sua complexidade visual. Nesse sentido, para Birkhoff, a avaliação estética era diretamente proporcional ao nível de organização da configuração do estímulo e inversamente proporcional ao seu nível de complexidade, conforme a Figura 7.

$$M = O/C$$

Figura 7: fórmula de Birkhoff (1932) para a medida estética (M), que relaciona ordem (O) e complexidade (C) de maneira inversamente proporcional.

Segundo o autor, uma série de variáveis foram definidas e quantificadas para diferentes categorias de objetos, como simetria, balanço, relação horizontal-vertical, tipo de forma, entre outras. Contudo, as definições sobre ordem e complexidade propostas possuem significado restrito, o que influenciou as diversas pesquisas realizadas para testar a sua equação, que não conseguiram prever com acurácia a avaliação estética dos participantes.

Os resultados divergentes dessas pesquisas influenciaram Eysenck (1941) a tentar elaborar uma nova fórmula sobre a medida estética, dessa vez concebida

empiricamente. A partir de seus experimentos, o autor foi capaz de elaborar uma maneira de prever com muito mais precisão a avaliação dos participantes, decompondo as variáveis que manifestavam os diferentes constituintes da ordem e da complexidade. A partir de uma redução desses fatores, Eysenck percebeu que a relação diretamente proporcional da medida estética com a complexidade era um preditor muito mais eficaz da preferência das pessoas. Nesse sentido, o autor reformulou a receita de Birkhoff, tornando ordem e a complexidade fatores diretamente proporcionais à medida estética, propondo a fórmula ilustrada pela Figura 8.

$$M = O * C$$

Figura 8: fórmula de Eysenck (1941) para a medida estética (M), que relaciona ordem (O) e complexidade (C) como complementares na avaliação dos estímulos.

O autor também sugeriu que a fórmula expandida deveria ser muito extensa para conseguir acomodar as diferentes características de distintos tipos de objetos e as relações entre seus elementos fundamentais e o todo percebido pelas pessoas.

Entre as décadas de 60 e 70, Daniel Berlyne foi o responsável por tentar abordar mais profundamente as questões sobre a avaliação estética, e desenvolveu um grande programa de pesquisa denominado Estética Psicobiológica. O seu objetivo principal era o de descrever uma série de leis hedônicas que permitiriam explicar a preferência das pessoas por certos tipos de estímulos. A partir da integração das diversas perspectivas de sua época sobre os sistemas motivacionais e emocionais, Berlyne (1978) propôs que o estado motivacional de um organismo é produto da atividade de três sistemas neurais distintos (Figura 9): (a) um sistema primário de recompensa, (b) um sistema de aversão e (c) um sistema secundário de recompensa, que inibe o sistema de

aversão. O funcionamento desses sistemas está vinculado ao nível de excitação do organismo, que depende, entre outros fatores, da configuração do estímulo no meio. O grau em que um estímulo pode aumentar a sua excitação é denominada Potencial de Excitação (BERLYNE, 1971; NADAL, 2007).

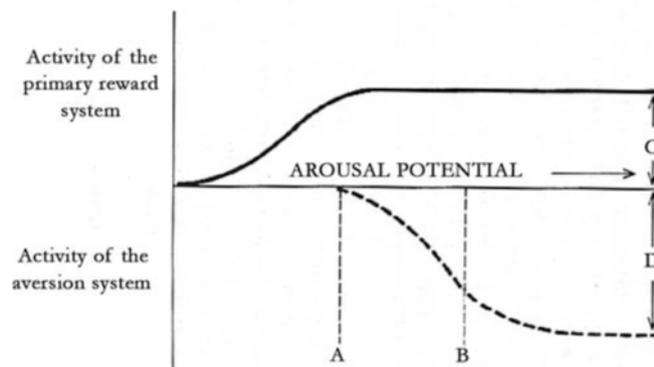


Figura 9: atividade do sistema primário de recompensa e sistema de aversão em função do Potencial de Excitação do estímulo, retirado de Nadal (2007).

Como resultado desse sistema, os estímulos com Potencial de Excitação mais fracos tendem a gerar indiferença no sistema hedônico. Ao se aumentar o seu potencial, o sistema primário reage, aumentando o tom hedônico até um limite de equilíbrio (Figura 9 A). Ao se continuar aumentando o Potencial de Excitação desse estímulo, o tom hedônico se torna negativo, reduzindo o seu valor gerado pela ativação do sistema primário até que se torne negativo (Figura 9 B), ou seja, se torna desagradável (BERLYNE, 1971; NADAL, 2007), conforme demonstra a Figura 10.

Segundo Berlyne (1971), o Potencial de Excitação pode ser entendido como uma propriedade do padrão de estímulos recebidos do meio, como uma medida da sua capacidade de ativação do sistema nervoso humano. Esse potencial possui três fontes: (a) propriedades perceptíveis dos objetos, como uma luz forte ou cheiro específico; (b) variáveis ecológicas que podem ter sido associadas às

propriedades percebidas em um efeito resultante do processo evolutivo, como a sensação de dor; e (c) os efeitos associativos, entendidos como as relações estabelecidas por experiências contextuais que foram relacionadas ao estímulo. Berlyne cita a sensação de inovação, surpresa, complexidade, ambiguidade ou assimetria como possibilidades dos efeitos associativos.

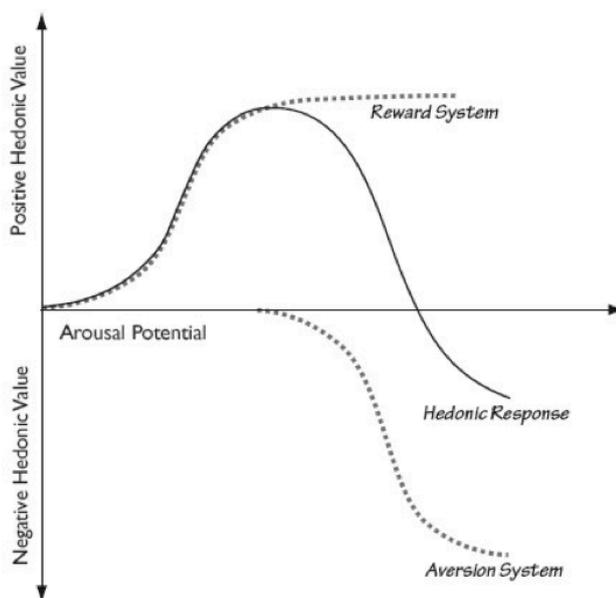


Figura 10: tom hedônico resultante em função do Potencial de Excitação do estímulo e dos sistemas de recompensa e aversão, retirado de Galanter (2010).

Pode-se inferir que essas associações se refiram aos efeitos descritos pelas conexões do modelo de arquitetura cognitiva CAP*, proposto por Anderson (1983) e apresentado no tópico anterior (1.4). Sob essa perspectiva, o Potencial de Ativação proposto por Berlyne pode ser entendido como o conteúdo de representações evocadas pelo padrão de ativação do estímulo na rede de associações construída pela experiência das pessoas. O Potencial de Ativação é sugerido como um atributo do objeto e não da sedimentação da rede na mente humana devido ao caráter behaviorista das pesquisas de Berlyne, que consideravam que as respostas sobre as questões humanas poderiam advir todas da análise de seus comportamentos e estímulos.

Berlyne aponta ainda, que o organismo tende a buscar pelo valor hedônico ótimo em um processo dinâmico com o meio, se expondo a diferentes estímulos com base em seu Potencial de Excitação, definindo assim a sua preferência relativa por determinados estímulos, comparando-os ao seu valor hedônico atual.

É importante apontar que esses efeitos associativos dos estímulos, como a surpresa, também representam um aumento de complexidade percebida, no sentido de quantidade de informações disponíveis. Assim, segundo Galanter (2010), somente sistemas com quantidades moderadas de informação são capazes de maximizar a resposta hedônica. Isso ilustra a relação proposta pelo autor, apresentada no tópico 1.3, sobre a quantidade de informação dos sistemas e a sua complexidade efetiva. Além disso, esse argumento ressoa com a intuição artística de que as audiências respondem melhor aos trabalhos que não são estáticos (entediantes), e ainda assim conseguem operar dentro de convenções aprendidas que não os permitem serem percebidos como caóticos ao extremo (GALANTER, 2010).

Uma das mais importantes alternativas ao modelo proposto por Berlyne foi elaborado por Colin Martindale (1988). Ele propõe que a mente humana é composta por uma rede interconectada de unidades cognitivas, segregadas em componentes com funções especializadas denominadas Analisadores. Em seus estudos empíricos, a apreensão de qualquer trabalho artístico envolve a ativação de unidades cognitivas nos Analisadores sensoriais, gnósticos, semânticos e episódicos. O prazer derivado da experiência estética do interator, o seu valor hedônico, é derivado da intensidade de ativação desse conjunto como um todo, semelhante ao funcionamento de uma rede neural.

A partir desse modelo, o autor afirma, com fortes suportes empíricos, que estímulos reconhecíveis e que possuem mais significado para o interator são associados a níveis maiores de preferência estética do que os estímulos atípicos. A partir desses resultados, o autor inferiu que esses estímulos permitem uma ativação de unidades cognitivas mais fortes devido à relevância de seu significado. Esse modelo também pode ser corroborado pelo CAP* de Anderson (1983), no qual as associações entre as unidades cognitivas se fortalecem pela sua

frequência de co-ativação, simulando a “força” da unidade cognitiva. Ainda, Martindale aponta que o sistema límbico tem o poder de dominar e determinar a experiência estética dos interatores, caso se manifeste (MARTINDALE, 1988; GALANTER, 2010).

Todavia, a proposta de Martindale também sofreu críticas metodológicas que podem interferir nas suposições realizadas pelo autor. Nadal (2007) aponta que, em seus experimentos, os resultados sofreram vieses pela seleção de estímulos realizada, que variaram muito mais em questão de peculiaridade do que de complexidade. Nadal (2007) propõe que a preferência estética envolve diversos processos perceptivos, cognitivos e afetivos em sua avaliação. O autor realizou detalhados experimentos que consideram diversos fatores não avaliados pelos experimentos anteriores, como treinamento artístico, o contexto e as propriedades dos estímulos escolhidos, e realizou testes estatísticos mais robustos em suas análises. Seus resultados apontam que a complexidade percebida não pode ser compreendida como fator único. As análises sugerem que os efeitos da complexidade nas avaliações estéticas realizadas são moduladas pelo tipo de estímulo apresentado, que podem responder também pela divergência encontrada nos estudos anteriores realizados pelos outros autores apresentados (NADAL *et al.*, 2010).

As evidências encontradas apontam que apenas três fatores podem ser utilizados para explicar a variância das percepções estéticas dos participantes significativamente. São esses fatores: (a) os elementos constitutivos do estímulo, que se refere à quantidade e variedade desses elementos; (b) a organização, relacionada ao modo como esses elementos são agrupados para formar um objeto identificável e como esses objetos se tornam uma cena coerente; e (c) a sua assimetria (NADAL *et al.*, 2010). Esses resultados apoiam a ideia de que diferentes processos contribuem para a formação da complexidade visual subjetiva, sendo o mais importante a determinação do número e variedade de seus elementos, seguido do quão bem esses elementos são organizados em uma cena coerente.

A maneira como cada um desses fatores prediz a preferência estética

também não é homogênea. O fator relacionado aos elementos possui uma relação positiva com a avaliação estética. O fator organização possui uma relação em forma de “U”, sendo que as situações de organização extrema tendem a ser melhor avaliadas esteticamente do que as de nível intermediário de organização. O fator simetria possui comportamento de “U” invertido com a beleza, sendo que as imagens com grau intermediário de simetria possuem uma avaliação mais alta (NADAL *et al.*, 2010). Os resultados são ilustrados pela Figura 11.

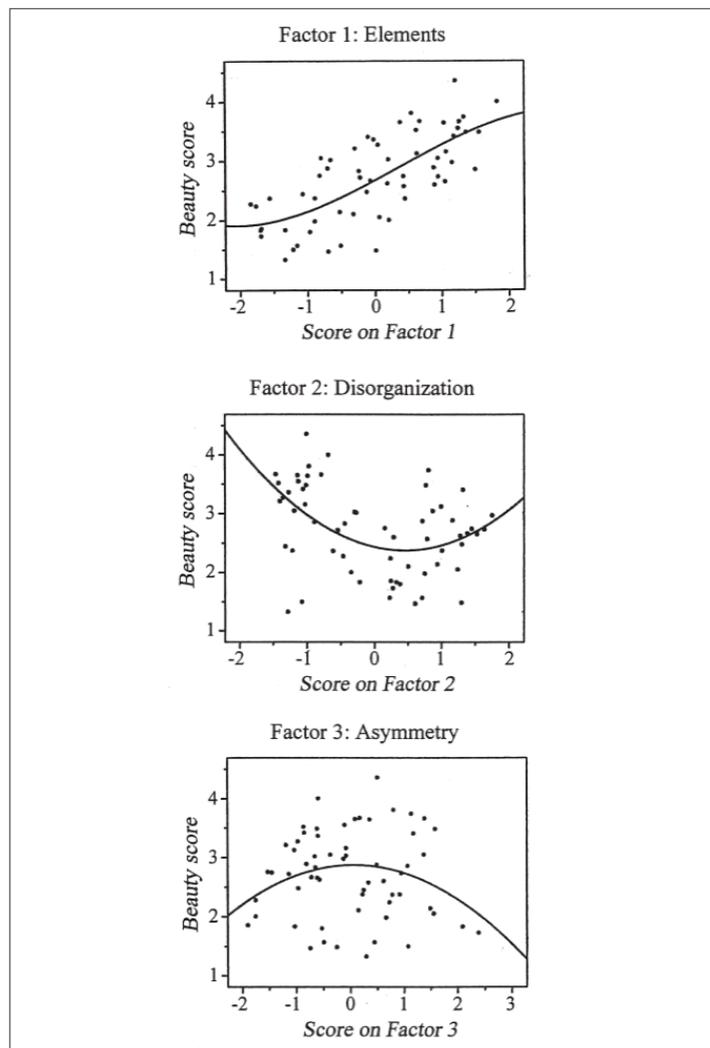


Figura 11: resultados que ilustram a curva de regressão dos três fatores de complexidade significativos quanto a variância em avaliações estéticas, retirado de Nadal *et al.* (2010).

A partir dos modelos descritos e dos resultados empíricos que os fundamentam, é reforçada a proposta de Galanter (2010) de que talvez a predição da estética não esteja relacionada diretamente à quantidade de informação presente nos estímulos, mas sim na presença da complexidade efetiva em sua constituição, semelhante à complexidade organizada proposta por Dawkins (1986). Essas suposições seguem os estudos realizados por Berlyne (1971) no comportamento Gaugassiano do valor hedônico com base na ativação dos padrões de excitação causados pelos estímulos. Ainda, elas seguem as afirmações de Martindale (1988) sobre a influência do significado dos estímulos e da ativação das unidades cognitivas por eles causada na preferência estética. Nesse sentido, os estímulos reconhecíveis permitem uma ativação mais ampla dessas unidades e gera, por consequência, uma avaliação mais elevada. Ainda, os estudos de Nadal *et al.* (2010) sugerem que a complexidade não pode ser compreendida como um fator único e homogêneo. Pelo contrário, ela é composta por fatores que podem individualmente influenciar a avaliação estética realizada. Todos esses efeitos podem ser explicados pela arquitetura cognitiva proposta por Anderson (1983), que consiste em uma rede de unidades cognitivas, fruto de um processo evolutivo que funciona de maneira dinâmica, reforçada pela experiência e pela recorrência dos seus padrões de ativação. A partir da ativação dessa rede, as unidades cognitivas são acessadas com base em associações explícitas e implícitas de significados e procedimentos, evocados sob influência de sistemas afetivos e também capazes de promover associações com eles.

Assim, reforça-se a sugestão de Galanter (2010) de que, no contexto da Estética e das Artes, a noção de complexidade enquanto quantidade de informação seja abandonada em favor da complexidade efetiva. Essa abordagem é plausível sob uma perspectiva evolutiva de que existe relação entre complexidade efetiva e valor estético. Contudo, permanece uma única pergunta deixada em aberto pelo autor: por que essa relação é tão forte? Essa questão pode ser respondida pela abordagem sugerida no primeiro tópico dessa seção (1.1), que define o processo de vida e de luta contra a entropia como a necessidade de se absorver a energia organizada do Universo (SCHRÖDINGER,

1943; COX, 2013), ou seja, a sua complexidade organizada (DAWKINS, 1986), também compreendida como a sua complexidade efetiva (GALANTER, 2010).

Assim, a busca por ambientes férteis, alimentos, relações sociais e reprodução nos guiam por meio de um sistema de recompensa. Ou seja, em nossa própria autopoiesis (VARELA, 2000), a complexidade efetiva é o que gera a recompensa. Isso explica não só o prazer em se observar o que é considerado belo, mas também em se experimentar procedimentos específicos, conquistar algo, nos relacionarmos *etc.* (JORDAN, 2000; NORMAN, 2004; CHEN, 2006; CSIKSZENTMIHALYI, 1990).

Por isso, ao se abordar a experiência estética, não se refere somente ao resultado que pode ser percebido pelo interator no contato com a interface da Morfogênese a partir de estímulos visuais ou acústicos. Em uma abordagem diferente dos estudos descritos, que se apoiam exclusivamente em estímulos visuais, ao se considerar o modelo de arquitetura cognitiva de Anderson (1983), entende-se que os efeitos semânticos e operacionais ocorram no mesmo sistema, pela ativação da rede associativa que os conecta. Assim, a partir do destaque apresentado para a concepção de sua narrativa de interação, descrita no tópico anterior (1.4), o que se indica é uma noção estética de participação do interator nesse sistema, que modifica o seu olhar.

Além disso, ela inclui a dimensão estrutural das suas operações como parte do processo de apreciação da poética. Com isso, entende-se que a noção de endoestética, proposta por Gianetti (2006), seja importante para caracterizar a participação do observador no mundo observado. Nela, o interator tem a experiência perceptiva e uma consciência dentro do jogo de simulação. Esse endossistema é necessário para que o interator interno possa se situar no universo imaginado. É portanto, uma orientação poética: a estruturação de estratégias para a produção de sensações estéticas no contexto sugerido (ROCHA, 2005).

Para tanto, os modelos que consideram as bases neurológicas do funcionamento cerebral são importantes para a compreensão de como as

poéticas podem ser apreciadas pelos seus interatores. Desse modo, estudos dos padrões de ativação cerebral podem ser importantes para o entendimento sobre a experiência estética, assim como os próprios artistas podem experimentar as soluções visuais, sonoras ou cinéticas de suas poéticas para estimular essas investigações. De acordo com Zeki (2001), as artes visuais obedecem às leis do cérebro e acabam por revelá-las para nós. Assim, os artistas podem ser considerados neurocientistas que utilizam métodos diferenciados de produção de conhecimento acerca da apreciação estética como um reflexo das estruturas cerebrais. O autor diz ainda, que a ambiguidade permite ao cérebro do espectador interpretar a obra de inúmeras maneiras diferentes, todas igualmente válidas para a arte.

Esse argumento é ilustrado pelo autor a partir de estudos realizados na avaliação de composições abstratas, como as obras de Mondrian, destacando o efeito que as linhas idealizadas pelo autor possuem no cérebro humano, especialmente na ativação de áreas específicas do cérebro.

Em outro estudo, o efeito da apreciação da arte cinética na área V5 do cérebro é analisado, ilustrando a evolução das obras com relação à eliminação dos outros elementos visuais, como cores e formas, antecipando a produção científica relacionada (ZEKI & LAMB, 1994), que demonstra uma ativação maior da área na ausência dessas outras variáveis.

Com relação à Morfogênese, o resultado estético concebido pelo seu sistema auto-organizado, as suas formas geométricas, traços orgânicos, cores terciárias, movimentos inexatos e sons imersivos, assim como todas as possibilidades de interações previstas, foram concebidas com foco na experiência do interator. Espera-se que, considerando o seu caráter dinâmico e contínuo, em determinados momentos, as composições e combinações específicas dessas variáveis ocasionem uma situação que atraia o interator como resultado de sua avaliação estética.

Assim, por ser uma obra que se auto-concebe a partir de regras determinadas (WHITELAW, 2004), ou ainda, que concebe seus arranjos a partir

de comportamentos autopoieticos emergentes em sentido ascendente, guiados por uma Inteligência em Exame dispersa no contexto, a sua natureza é dinâmica, mutante. O seu movimento é contínuo, não sendo interrompido em momento algum, criando variações que ocorrem em acelerações distintas. Por isso, acredita-se que exista uma probabilidade de que os arranjos auto-organizados se apresentem em composições que, em determinados momentos, podem possuir uma relação de empatia e identificação por parte do público. Considerando-se o ponto de vista da neuroestética, nesses momentos, talvez os arranjos consigam refletir um pouco melhor a estrutura de nosso cérebro visual, criando as representações criativas do autor no cérebro do interator.

Além disso, ao se elaborar uma obra viva, que permite uma série de composições de maneira dinâmica e contínua, podem ser realizados estudos específicos quanto às afinidades estéticas de determinados públicos, permitindo, por exemplo, que o interator acione um botão para registrar os arranjos que mais o atraíram. Assim, os padrões considerados mais interessantes podem ser analisados em busca de regras de atratividade relacionadas às composições.

Esse procedimento não é proposto como uma maneira precisa de se medir a apreciação estética de uma obra de arte, como os instrumentos propostos por Hager, Hagemann, Danner e Schankin (2012), mas como uma possibilidade de exploração inicial acerca da relação do sistema proposto com a neuroestética.

Em síntese, entende-se que a neuroestética estuda as bases neurais para o processo de criação e a contemplação de uma obra de arte (SUZANNE, 2008). Segundo Zeki (2001), o cérebro visual humano segue duas regras supremas: a constância e a abstração. A primeira (constância) diz respeito à nossa capacidade de manter o conhecimento das propriedades constantes e essenciais dos objetos, apesar de todas as mudanças que ocorrem durante o processamento do estímulo visual, como as distâncias, ângulos, iluminação, entre outras. Isso nos permite descartar uma enorme quantidade de informações dinâmicas irrelevantes para o julgamento do contexto. Segundo o autor, esse processo se assemelha à ação de concepção de uma obra, que demanda do autor a capacidade de selecionar as características do objeto retratado a serem representadas, para que ele seja visto

como é, e não como os olhos o capturam.

A segunda regra proposta pelo autor é a da abstração. Em consequência de nosso processo evolutivo e da necessidade de otimização dos nossos recursos cognitivos, conseguimos ter uma coordenação hierárquica que permite a aplicação de uma representação geral a muitos objetos particulares. O processo cognitivo de categorização é estudado pela Psicologia Cognitiva, no qual o modelo do Pandemônio pode ser utilizado para explicar a lógica complexa da nossa capacidade de reconhecer e identificar objetos. Também, o modelo de arquitetura cognitiva CAP* de Anderson (1983) auxilia a elucidar como se dá o processo de tradução, associação, armazenamento e evocação de estímulos no cérebro (STERNBERG, 2000; MATLIN, 2004; ANDERSON, 2004), conforme descrito anteriormente.

Entende-se que esse repertório de neuroestética e Psicologia Cognitiva permita um aprofundamento acerca dos estudos dos processos de criação e fruição artística, principalmente considerando-se as artes abstratas, avaliando o nível sensorial, perceptivo, cognitivo, (STERBERG, 2000; MATLIN, 2004; ANDERSON, 2004) afetivo, emocional e sentimental (LEDOUX, 2001; KHALID, 2006) dos efeitos da obra no interator. Para o presente projeto, considera-se que os argumentos apresentados sirvam para embasar a relação entre obra e interator no sentido das avaliações estéticas, devido o seu fator de mutabilidade iterativa.

Finalizando, as relações entre a Arte e o Design de Interação no processo de composição estética da poética, a Arte Computacional Evolutiva e a Ciência da Computação, na manipulação dos algoritmos de sua constituição, a Arte e a Psicologia Cognitiva, nos estudos acerca da percepção estética e apreciação da obra, entre outras relações possíveis, constituem um campo de atuação híbrido, transdisciplinar (NICOLESCU, 2001), descrito mais detalhadamente durante o relato do processo de criação da Morfogênese.

SEÇÃO II

PRECIPITAÇÕES POÉTICAS

A precipitação poética da Morfogênese consiste na formação dos seus resíduos sólidos, originados pela reação química da mistura dos diferentes campos do conhecimento descritos na seção anterior. Seus precipitados são organizados em quatro tópicos: a narrativa de interação designada para os agentes computacionais e iteradores da poética; a maneira como os processos computacionais podem ser expressos em manifestações visuais; o nível de complexidade visual de sua interface; e o processo de criação de seus arranjos emergentes. As suas composições são propostas a partir de interações biológicas empregadas para determinar o comportamento endógeno dos agentes computacionais, visando o favorecimento de estruturas coletivas complexas. Em seguida, as possibilidades de interferências dos iteradores são sugeridas com intuito de se enfatizar as consequências de suas ações em respostas visíveis no sistema complexo da poética. Definida a sua narrativa de interação, alguns trabalhos de artistas computacionais do final da década de 60 são apresentados como referências da manifestação visual das regras abstratas de seus algoritmos. Em seguida, são apresentadas outras inspirações que auxiliaram a designação de sua interface e a proposição da analogia da vida no universo impossível sugerido, no qual os fundamentos da linguagem lutam para sobreviver e representar o mundo. A seção é finalizada pela descrição do processo criativo da poética, que mescla diferentes disciplinas na experimentação livre do seu desenvolvimento.

2.1 Da fruição à interatividade

Conforme descrito na seção anterior, o início do processo de designação da poética se deu por meio do planejamento da estrutura da sua narrativa de interação. Nesse sentido, as possibilidades de ações dos interatores e suas consequências no desenvolvimento da ecologia da Morfogênese foram o ponto de partida do seu processo de tangibilização. Durante essa projeção, foram consideradas as interações internas do sistema, denominadas interações endógenas, assim como algumas possibilidades de interferências nessas relações por meio das ações dos interatores, denominadas interações exógenas (COUCHOT, TRAMUS & BRET, 2003).

Nesse sentido, espera-se abordar temas relevantes ao campo atual da Arte, que supera a noção denominada de Primeira Interação, voltada para a experimentação das questões Homem-Máquina, ações e reações, estímulos e respostas; rumo à Segunda Interação, guiada pelas possibilidades de percepção e noções de autonomia e autopoiese. Além disso, reforça-se a Segunda Cibernética, na qual são relevantes as apropriações dos conceitos de auto-organização, das estruturas emergentes, conexões em redes, questões de adaptação e evolução em sobreposição à Primeira Cibernética, voltada para os elementos de controle e comunicação (COUCHOT, TRAMUS & BRET, 2003).

O primeiro passo nesse procedimento é definir a natureza dessas relações. A participação das pessoas no universo microscópico proposto é permitida pelas vidas artificiais que simulam comportamentos orgânicos, seguindo regras biológicas em um sistema de Inteligência em Enxame. Durante o contato com a poética, diferentes níveis de relações são permitidas ao interator, desde a apreciação passiva dos desdobramentos ocorridos de maneira autônoma no sistema, até a interatividade (LÉVY, 1999) com outras pessoas, mediadas pelo seu aparato tecnológico e simbólico em situações de colaboração ou competição. Por isso, buscou-se criar relações de interações ecológicas, inspiradas no mundo natural, para o funcionamento interno dos agentes computacionais. Esse foi o

primeiro momento dessa estruturação, focada exclusivamente no equilíbrio do sistema com base em suas interações endógenas.

A intenção projetada para o comportamento dos agentes é o da expressão da dinâmica da vida e da evolução. Nesse sentido, o comportamento do funcionamento do sistema se diferenciou da manipulação proposta por Dawkins (1986), no qual os seus agentes, denominados Biomorfos, são estáticos no ambiente e não se relacionam. No sistema proposto pelo autor, a seleção dos fenótipos é realizada pelo interator, restando ao sistema apenas combinar as suas características genéticas à população presente, criando uma nova geração de Biomorfos. O intuito de seu sistema foi o de exibir a possibilidade de navegação das espécies pelos espaços genéticos possíveis partir das escolhas das pessoas, ilustrando o modo como a seleção natural acumulada permite uma evolução drástica a partir de pequenos passos lineares (Figura 12).

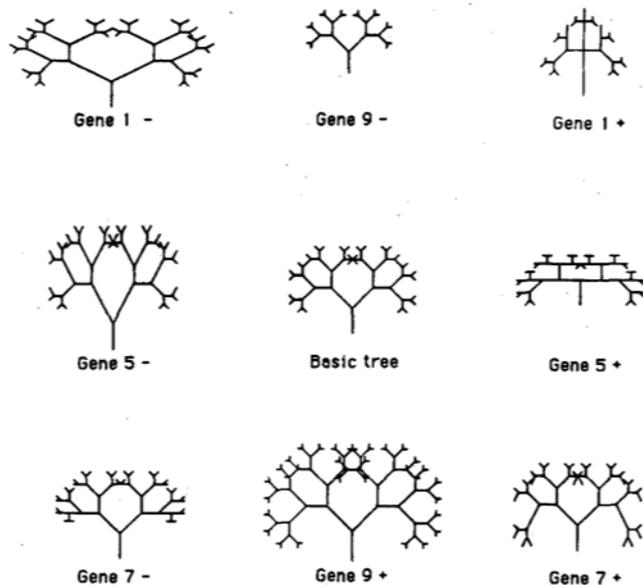


Figura 12: exemplo de Biomorfos modificados geneticamente para que o interator escolha com base em sua afinidade, que deverá fornecer o novo modelo para os cruzamentos genéticos e compor a população seguinte, retirado de Dawkins (1986).

No presente estudo, o objetivo não é o de ilustrar a mesma questão proposta por Dawkins (1986). O objetivo da Morfogênese é permitir ao interator

experimentar a lógica de como se dá a relação entre genótipo e fenótipo, adaptação, seleção e oportunidade no mundo natural e em outros sistemas complexos. Nesse sentido, não deve ser função do interator realizar o processo de escolha das características genóticas, determinantes das suas expressões fenotípicas, para os cruzamentos e evolução dos agentes. No presente estudo, a sua dinâmica de evolução deve seguir a abordagem ascendente descrita anteriormente, fazendo com que as vidas artificiais se tornem autônomas e mais expressivas na relação com as pessoas. Por isso, a sua evolução, em termos de navegação no espaço genético da espécie, deve ocorrer de maneira mais lenta quando comparada aos Biomorfos de Dawkins. Ainda assim, ela deve acontecer de maneira muito mais acelerada do que a sua ocorrência no mundo natural, permitindo ao espectador vivenciar tal processo.

Para tanto, a partir da transposição da tipologia de relações ecológicas naturais para o sistema artificial, diversos tipos de interações endógenas foram programadas, sendo que a maior parte consiste em interações negativas, como a competição, o predatismo e o parasitismo. As interações negativas são entendidas como as interações entre os agentes que resultam em um benefício para determinado ser e malefício para outro. Um exemplo de interação negativa endógena que ocorre frequentemente na poética é a predação. Nesses casos, um agente pode lutar e matar o outro para se alimentar de seus restos mortais, como um comportamento de caça por alimentos, muito comum em sistemas naturais.

Além dessa possibilidade, outros tipos de interações negativas podem ocorrer sem a necessidade de um confronto direto, como o caso de parasitismo. Ele ocorre na poética quando um agente fica preso na linha do corpo de outro e tem a sua energia sugada aos poucos. Esse tipo de interação pode ocorrer entre seres de diferentes grupos ou entre seres semelhantes.

Outro exemplo de interação desarmônica presente no sistema é a competição, que pode ocorrer de maneira mais indireta no sistema, tanto intraespécie quanto interesespécie. Ela ocorre entre os agentes nos casos de disputa pelos recursos energéticos disponíveis no ambiente, resultantes das brigas entre as formas. Nessas situações, as criaturas mais adaptadas tendem a

se beneficiar das disputas, sendo essa uma mecânica fundamental do processo evolutivo. Alinda, seres semelhantes também realizam disputas para o acasalamento, ilustrando mais um processo de competição presente na Morfogênese.

Também foram considerados processo de facilitação ecológica, o tipo de interação que beneficia ao menos uma das espécies e não causa malefícios a nenhuma. Apesar do foco inicial dos estudos sobre evolução ser voltado para as interações negativas, como a competição ou a predação, esse tema tem ganhado espaço nos estudos sobre o impacto das interações em comunidades ecológicas (BRUNO, STACHOWICZ & BERTNESS, 2003) e nas medidas sobre a força de interação biológica na natureza (WOOTTON & EMMERSON, 2005). Quando o benefício ocorre para ambas as espécies o efeito é conhecido como mutualismo. Se apenas uma delas é beneficiada ocorre o comensalismo, no qual a outra espécie não é prejudicada, caso contrário o efeito seria denominado de parasitismo. Na maior parte das vezes, as interações não chegam a ocorrer por um período muito longo de tempo, mas em alguns casos a relação é tão longa que poderia ser caracterizada como um processo de simbiose.

Em termos de interações positivas, que beneficiam pelo menos um dos agentes sem prejudicar o outro, pode ser percebido no sistema o processo de cooperação. Ela é frequente em seres da mesma forma, que podem acasalar entre si e não são capazes de brigar um com o outro. Eles se organizam em grupos que buscam proteção mútua e uma disponibilidade maior de parceiros para o acasalamento. Esses casos não são considerados como mutualismo, que representa a cooperação em diferentes espécies com benefício para ambas, porque não ocorrem no sistema entre agentes com formas distintas (interespécie).

De maneira geral, não são tão evidentes na poética esses processos de interações positivas harmônicas interespécie. Um possível caso de comensalismo, o benefício de apenas uma espécie sem causar prejuízos para a outra, poderia ser caracterizado em situações de predador e cardume presentes na poética. Nesses casos, os agentes competem *a priori* pelos seus recursos energéticos, lutando com seus inimigos predadores. Contudo, à longo prazo, a eliminação dos

indivíduos mais fracos do grupo de cardume melhora as probabilidades de cruzamentos, elevando o nível de vida médio da comunidade e aumentando a expectativa de vida de toda a colônia. Por outro lado, é interessante para o predador se manter perto da colônia sem eliminá-la por completo, mantendo-se a fonte de alimentação por longos períodos. Também pode ser considerado comensalismo quando um predador de uma determinada forma é eliminado por uma terceira forma, fazendo com que inimigos contribuam para a sua sobrevivência mútua, mesmo com configurações distintas.

A partir das relações descritas, espera-se que o sistema seja capaz de evoluir em um equilíbrio dinâmico cíclico, no qual diferentes formas possam dominar o ambiente e ser sobrepujadas por seus competidores continuamente. Esses ciclos devem emergir de comportamentos advindos de decisões dos agentes em situações específicas, sem uma visualização de suas consequências mais amplas para o sistema. Em alguma versão futura, espera-se permitir que ambientes distintos com situações de adaptação diferentes possam interferir também um com o outro por meio de uma comunicação via rede. Nesses casos, a comunicação, ou transferência de um agente computacional, pode ocorrer de maneira automática, pelo acesso do agente a uma área determinada do ambiente, ou de maneira intencional por um interator, que pode guiar a criatura. Mais informações sobre as características comportamentais dos agentes, suas possibilidades de interações endógenas, os comportamentos emergentes originados e as suas principais estratégias de sobrevivência podem ser vistas nas seções seguintes.

Cabe destacar que não foi buscada uma relação direta das vidas artificiais no mundo imaginário com a taxonomia de classificação dos seres vivos adotada para se estudar o mundo natural por meio de árvores filogenéticas. Nesse sentido, as características que delimitam os níveis de dissimilaridades empregados para se delimitar uma Espécie, Gênero, Família, Ordem, Classe, Divisão, Filo, Reino ou Domínio são desconsideradas no mundo imaginário proposto. Até mesmo o mecanismo de reprodução sexuada, com machos, fêmeas ou gametas não são centrais para a poética proposta. Mesmo na natureza, essas questões não se

apresentam de maneira homogênea, quando, por exemplo, os cavalos marinhos machos engravidam de seus filhotes ou as plantas podem se reproduzir em ciclos assimétricos de duas gerações. No sistema proposto, existem seres pertencentes a tipos diferentes de formas, que podem competir e brigar. Os cruzamentos ocorrem somente entre formas semelhantes, que podem se agrupar e cooperar. Portanto, não é realizada uma analogia com o mundo natural nem com as questões políticas e sociais no que tange as discussões sobre gênero enquanto proposta do autor para a poética, sugerida em sua versão atual. Funcionalmente, as formas consideradas diferentes podem ser interpretadas como pertencentes à espécies distintas; ou o sistema inteiro pode ser entendido como uma simulação de uma espécie única dotada de três gêneros distintos que competem entre si.

A partir da designação de interações biológicas endógenas para a Morfogênese, passou-se a estudar as suas possibilidades de interações exógenas. Considerando-se a intenção original da poética, foi determinado que a natureza das ações dos interatores deveriam interferir no equilíbrio gerado em diferentes níveis de controle. Assim, são sugeridas distintas maneiras de se relacionar com o sistema, todas voltadas para a vivência das mesmas questões propostas sobre a evolução, permitindo uma experimentação livre da poética, guiada pela curiosidade do interator.

Portanto, definiu-se que as pessoas podem (a) observar os desdobramentos dos comportamentos dos agentes para compreender a maneira como se relacionam; (b) causar pequenos desvios em suas trajetórias para descobrir os seus impactos na composição e desenvolvimento de seus arranjos; (c) personificar os interatores por meio do avatar de um agente específico, mudando o seu ponto de vista acerca da vida no sistema artificial; e (d) interagir com outras pessoas no ambiente a partir das regras estabelecidas para a sua ecologia, que funciona como um mediador dessas relações, ressignificando-as a partir da imersão no mundo imaginado. Nas situações mais complexas de interação, acredita-se que o interator passe a realizar um agenciamento (DELEUZE & GUATTARI, 2000b), mediando e negociando as relações dos agentes computacionais, que por sua vez, mediam as relações dos interatores por meio da

interface do sistema.

A maneira como é operacionalizada cada uma dessas relações pode variar de acordo com a tecnologia utilizada em cada situação de apresentação da poética, assim como pode variar a quantidade de possibilidades disponíveis aos interatores em cada uma dessas situações, desde que a intenção definida para a natureza das ações no sistema seja mantida. Nesse sentido, considerando-se as diferentes possibilidades de relações idealizadas para a aplicação, entende-se que ela pode ser considerada uma *gamearte* (LEÃO, 2005). Nela, as pessoas podem interagir como *zero-player game* de maneira passiva, *single-player game* em uma relação direta com o sistema, *two-player game* ou *multi-player game* em situações que permitam ações simultâneas dos interatores, a depender dos recursos tecnológicos utilizados em configurações específicas de apresentação.

Apesar disso, o exato nível de interação no qual a Morfogênese pode ser reconhecida como *gamearte* ainda é discutível. A criação de jogos eletrônicos artísticos, conhecida como *gamearte*, permite a reflexão acerca de um novo formato de interação entre as pessoas, de maneira mais livre para a exploração das experiências. A *gamearte*, diferente de um *game* tradicional, não foca exclusivamente o mercado de entretenimento. A sua semelhança com os *games* tradicionais não é rígida, tendo as suas fronteiras borradas pela intenção do autor e o foco na experiência pretendida para o interator.

Assim, as características comuns aos jogos eletrônicos de entretenimento, como o seu caráter voluntário, o fato de ser um sistema formal fechado, a presença de objetivos, regras, conflitos, possibilidades de se vencer ou perder, ser interativo, estimulante, desafiador e possuir um alto valor interno (HUIZINGA, 1955; SALEN & ZIMMERMAN, 2004; SCHELL, 2008; MCGONIGAL, 2011), não são pré-requisitos à concepção da *gamearte*, mas características comuns e presentes nesse tipo de obra. O seu objetivo também não é necessariamente o do divertimento (SCHELL, 2008). Novas experiências, como questionamentos, reflexões, ou mesmo desconfortos podem ser metas da *gamearte*. Ainda, a mescla entre a experiência de jogo com a realidade, na qual borram-se as fronteiras do círculo mágico de Huizinga (1955), pode tornar o jogo mais

pertinente ao contexto sociocultural contemporâneo, transformando a vida dos jogadores por processos de reflexão e ressignificação (SALEN & ZIMMERMAN, 2004; MCGONIGAL, 2011).

Nesse contexto, são comuns projetos que modifiquem jogos existentes, gerando um novo olhar acerca de um determinado aspecto a ser discutido ou uma nova experiência a ser vivenciada, promovendo um novo significado à experiência original proposta para o jogo. Contudo, o presente trabalho visa conceber um universo novo a partir de um ambiente construído inteiramente para expressar a ideia proposta. Não pretende-se realizar nenhuma adaptação de ambientes, personagens ou engenhos disponíveis, nem mesmo de algoritmos conhecidos.

Na Morfogênese, várias características coincidem com a dos *games* tradicionais, como as possibilidades de interação com os NPCs (personagens não jogáveis), possibilidade de controle do avatar, a existência de um nível de energia que determina a vida ou morte dos personagens, entre outros. Contudo, aspectos como a sua usabilidade, entendida como a característica da facilidade de uso da interface (SILVA *et al.*, 2011; SCAPIN & BASTIEN 1997; ISO 9241-10, 1996; NIELSEN & MOLICH, 1990), não é considerada da mesma maneira que as interfaces de jogos comerciais. Além disso, ela não possui um sistema de balanceamento (RABIN, 2005) semelhante ao desses jogos, que visam uma adequação dos níveis de dificuldade e aprendizado dos jogadores para permitir uma experiência de divertimento (SCHELL, 2008; RABIN 2005; CHEN, 2006).

Em um jogo comum, a interface não é necessariamente a mais fácil possível de ser utilizada, como, por exemplo, deveria ser um terminal de autoatendimento bancário, já que possui como dimensão principal a função prática (LÖBACH, 2001). Nos *games*, a dificuldade de uso faz parte do desafio sugerido ao jogador, e o seu equilíbrio deve ser buscado de maneira evolutiva, visando compensar o seu aprendizado, em um processo conhecido como *flow* (CSIKSZENTMIHALYI, 1990; CHEN, 2006), no qual a frustração e o tédio dos jogadores devem ser evitados (RABIN, 2005). Assim, os jogos atuais são concebidos como estruturas não lineares de decisões com aspecto convexo, guiando o jogador em momentos de aprimoramentos (Figura 13 B) e desafios (Figura 13 A).

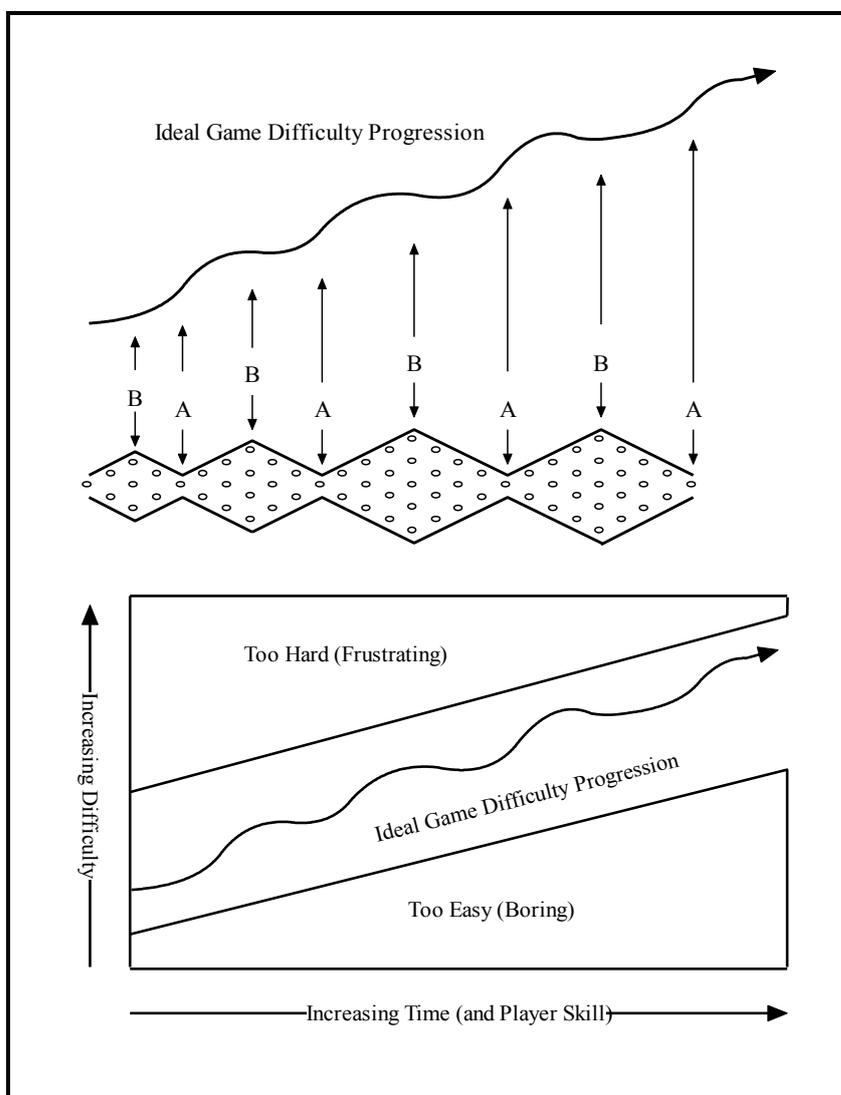


Figura 13: esquema ilustrativo da relação entre o número de escolhas permitidas aos jogadores, o nível de dificuldade da situação e o tempo de aprendizado do jogo, que define o estado de imersão ideal conhecido como *flow*, retirado de Rabin (2005).

No sistema proposto, a estrutura de interação planejada não segue uma narrativa longa em termos de progressão. É apresentada ao interator apenas a situação atual do sistema, que se desenvolve por desdobramentos imprevisíveis emergentes das relações diretas entre os agentes. Portanto, diversos aspectos da usabilidade, como a *indicação das opções de ação*, a *resposta imediata*, a *representatividade dos signos*, entre outros, (SILVA *et al.*, 2011) são excluídos da interface da Morfogênese. O estranhamento da interface, a não compreensão

imediate dos comportamentos dos seres e a expectativa sobre o que está por acontecer são atributos intencionais da poética. O próprio objetivo da interação não é estabelecido como nos jogos tradicionais, deixando a cargo do interator resolver as suas questões existenciais (o ser no mundo) também nesse novo universo.

Apesar disso, o processo de interação com o sistema possui algumas características comuns ao conceito de *flow*, como o fato de consistir em uma atividade desafiadora e que requer habilidades, a mescla entre ação e atenção, a presença de metas (como a sobrevivência do indivíduo controlado), *feedbacks*, a demanda por concentração na tarefa que está sendo realizada, a sensação de controle, a perda da consciência de si mesmo durante a interação derivado da imersão e a transformação do tempo (CSIKSZENTMIHALYI, 1990), caracterizando seu aspecto de imersão, como o Círculo Mágico proposto por Huizinga (1955). Conforme Csikszentmihalyi aponta, não são necessárias todas as características para a caracterização da atividade como *flow*. De acordo com Chen (2006), essas características são comuns aos jogos e ao processo de diversão. A simples presença dessas propriedades flexibiliza as fronteiras entre os jogos e as poéticas interativas, caracterizando a Morfogênese como *gamearte*.

Portanto, considera-se que a proposta poética como um todo seja pertinente também como *gamearte*, mesmo que algumas das suas versões, utilizadas em exposições em contextos específicos, sejam menos interativas e talvez mais distantes da definição empregada. O que considera-se importante destacar é que, em todas as suas versões, a natureza da experiência pretendida para o interator é similar, alterando-se apenas o processo de imersão para determinados públicos, talvez favorecido pela natureza da interação propiciada.

A partir da definição das principais características da estrutura de interação planejadas para a Morfogênese e a caracterização do sistema enquanto *gamearte* em alguns contextos de apresentação, são descritos no próximo tópico os trabalhos que influenciaram de alguma forma o processo de materialização da poética em sua interface.

2.2 Ecologias em silício

Após definidos os princípios de interação endógenas e exógenas da Morfogênese, são abordadas no presente tópico as propostas poéticas que possuem alguma relação com o seu significado expresso, tecnologias empregadas ou campos de atuação. Por isso, são apresentados trabalhos artísticos que envolvem a Arte Computacional, Arte Gerativa ou Arte Evolutiva, em uma sequência proposta a partir de um recorte específico: os resultados estéticos de complexidade visual ou os processos vinculados à Morfogênese. São descritos alguns dos primeiros trabalhos de Arte Computacional, realizados a partir dos meados dos anos 60, que buscavam em suas composições algumas das mesmas preocupações que orientam a construção da Morfogênese: a expressão do processo computacional como uma maneira de se cristalizar a manifestação abstrata de algoritmos determinísticos e probabilísticos. Priorizou-se a primeira geração de artistas computacionais devido à simplicidade e sofisticação de suas composições, assim como a transparência de sua organização visual, que permite a visualização das entranhas de seus engenhos algorítmicos a partir de uma representação espacial de suas regras.

Apesar de, no início da década de 60, os computadores digitais custarem uma pequena fortuna, demandarem uma conservação de espaço e temperatura específicos e possuírem hardware e software limitados quando comparados aos recursos atuais, diversos artistas se interessaram pelas possibilidades de expressão poética que essa nova ferramenta poderia propiciar. Nesse período, as soluções interativas ainda estavam um pouco distantes da experimentação de seus interatores. Por isso, eles se voltavam para a exploração das afirmações lógicas e matemáticas, uso de algoritmos e da aleatoriedade para conceber suas composições, cunhadas posteriormente por meio de filmes fotossensíveis ou por

uma impressora matricial. Portanto, suas produções artísticas eram estáticas ou cíclicas, e exploravam os arranjos visuais monocromáticos no equilíbrio entre ordem e desordem, discutidos anteriormente.

Entre os pioneiros nesse tipo de experimentação estética encontra-se Herbert Franke, que se interessou pelo uso de geradores de números randômicos, processamento de imagens, técnicas interativas, fractais e experimentos com produção musical a partir de um instrumento de sopro construído por seu colega Bruno Spoerri (TRANSLAB [4], 2005). As Figuras 14 e 15 ilustram algumas de suas composições.

Também é conhecido o seu oscilograma (Figura 16), uma representação estática feita por slide da versão original em movimento, concebida pela superposição de dois componentes eletrônicos que oscilam continuamente (TRANSLAB [4], 2005).

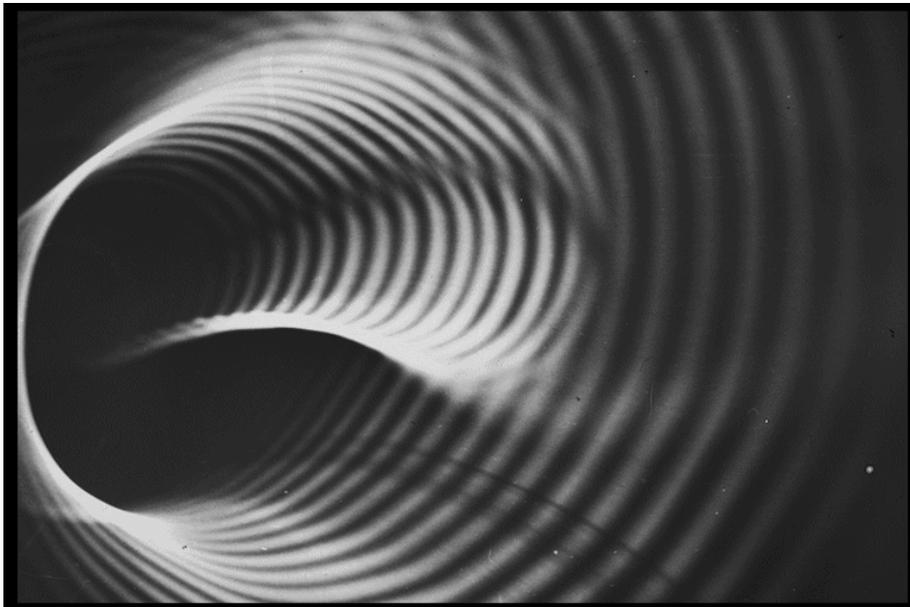


Figura 14: composição da série *Lichtformen* (1953-55) de Herbert Franke.

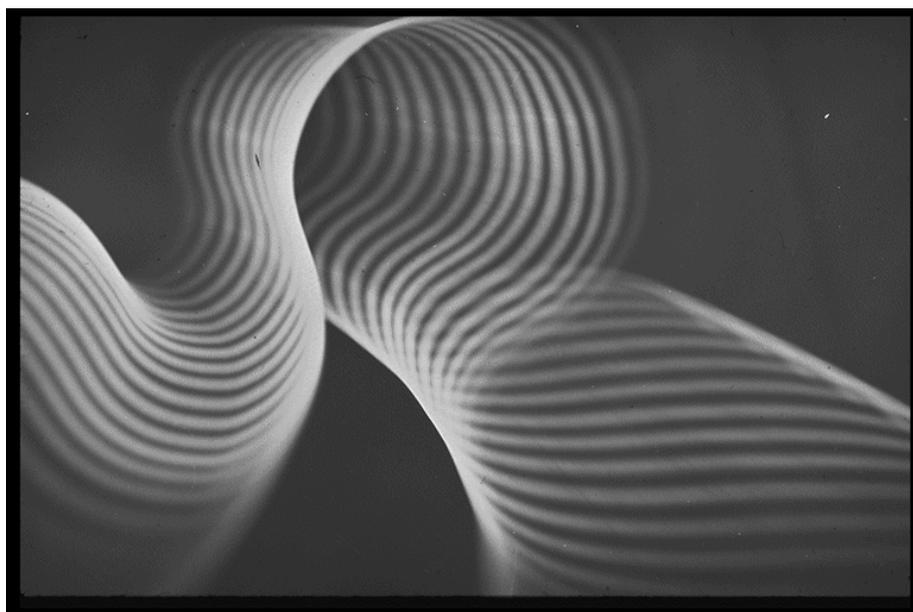


Figura 15: outro exemplo de composição da série *Lichtformen* (1953-55) de Herbert Franke.

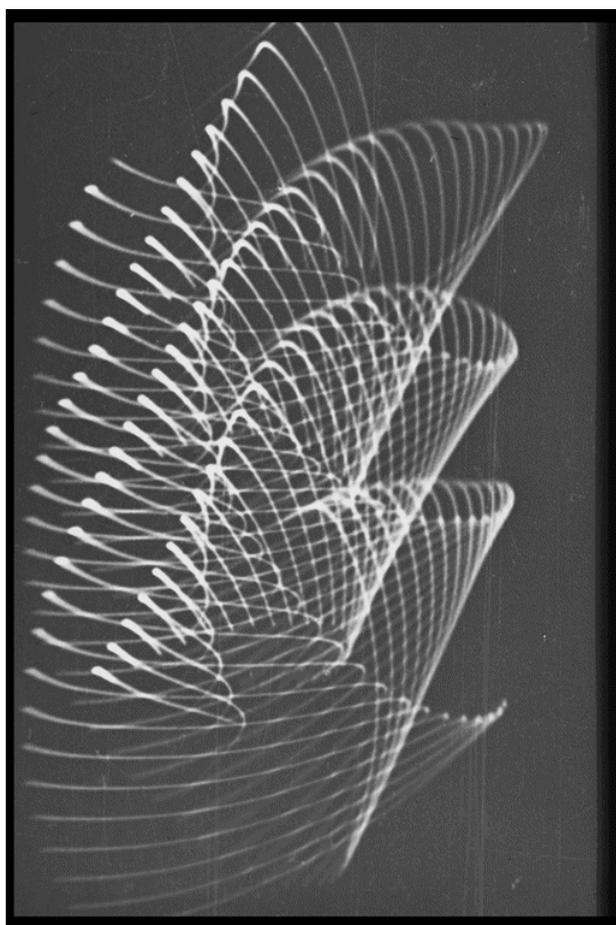


Figura 16: Oscilograma (1956) de Herbert Franke.

Outra série conhecida do autor é a *Electronic Graphics*, produzida entre 1961 e 1962, que ilustra o espaço tridimensional em diferentes composições de formas abstratas, ilustrada pelas Figuras 17 e 18.

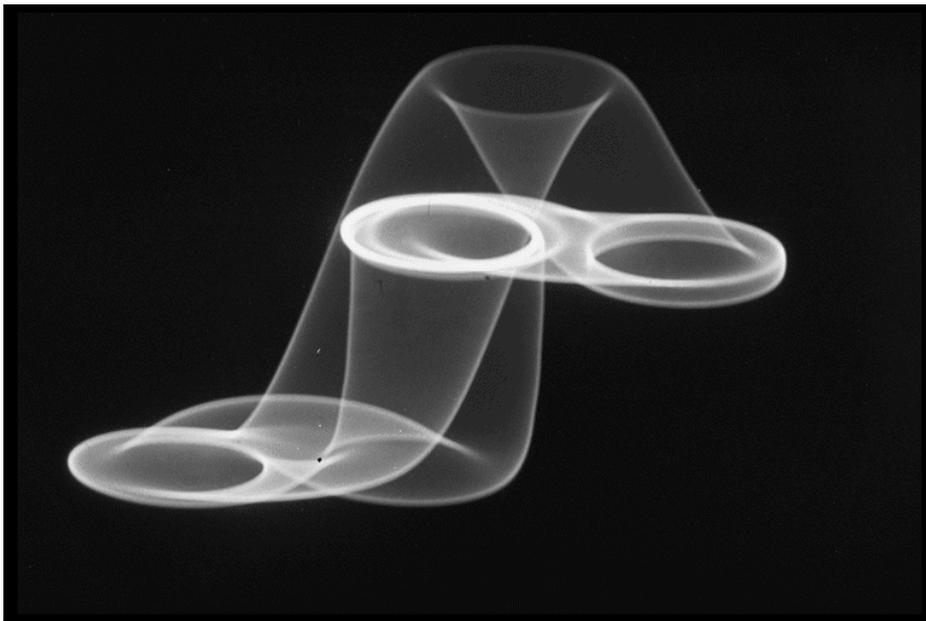


Figura 17: composição da série *Electronic Graphics* (1961-62) de Herbert Franke.

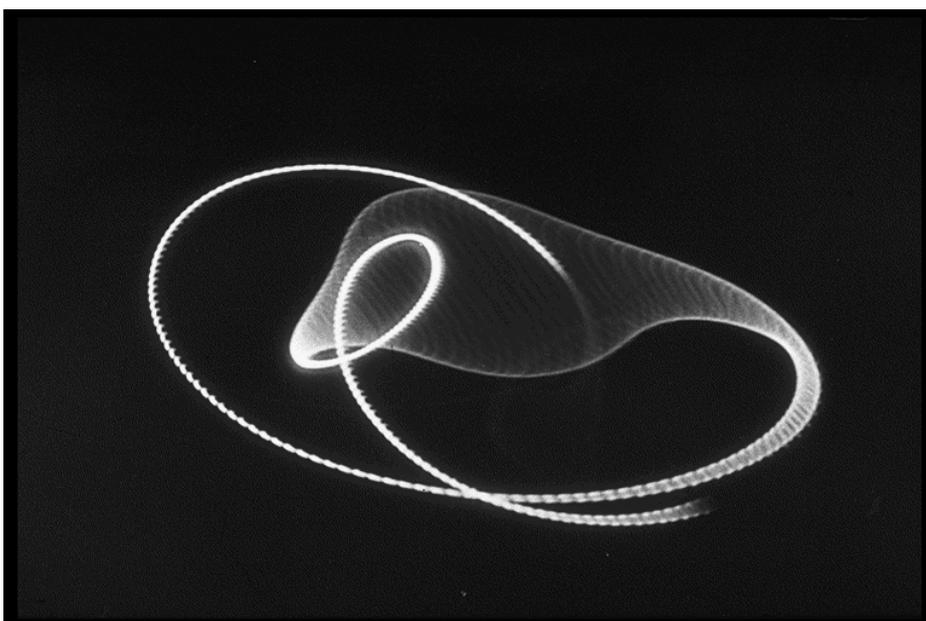


Figura 18: outra composição da série *Electronic Graphics* (1961-62) de Herbert Franke.

Um outro artista pioneiro no uso de computadores digitais para a criação de padrões e animações unicamente pelo seu valor estético e artístico foi A. Michael Noll. É apresentada na Figura 19 a impressão da animação de projeções tridimensionais da rotação de um hipercubo de quatro dimensões (TRANSLAB [4], 2005).

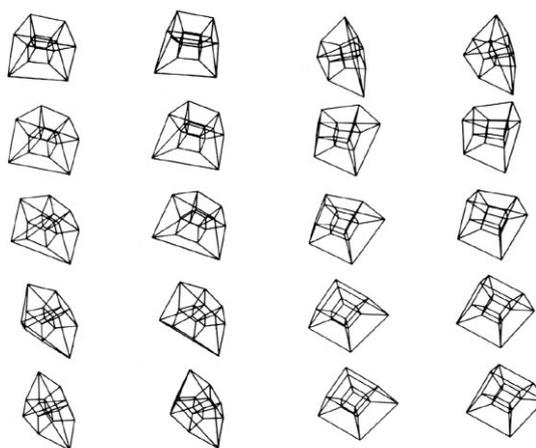


Figura 19: projeção da animação da rotação tridimensional de um hipercubo de quatro dimensões, de A. Michael Noll (1962).

Também são importantes as suas composições bidimensionais compostas por equações pré-definidas. Em *Gaussian Quadratic*, de 1962, o autor combina proporções de obras de outros autores em pontos com coordenadas definidas pelas suas dimensões horizontais Gaussianas e verticais que seguem uma equação quadrática (Figura 20). Em *Vertical-Horizontal number 3*, de 1964, o autor apresenta um arranjo no qual os pontos finais das linhas são definidos aleatoriamente por uma probabilidade de densidade uniforme e, em seguida, uma das coordenadas é alterada para a formação das linhas (Figura 21).

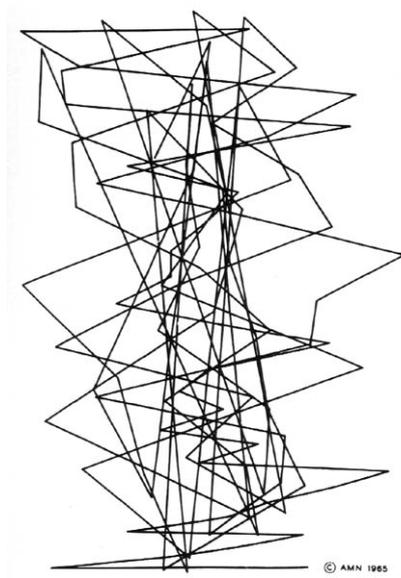


Figura 20: *Gaussian Quadratic* (1962), de A. Michael Noll.

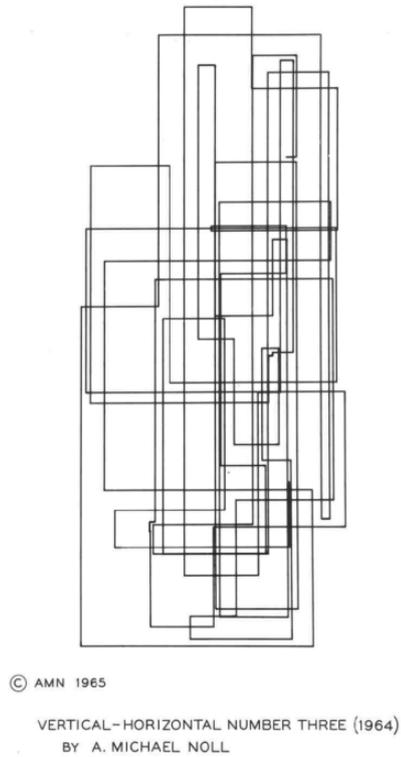


Figura 21: *Vertical-Horizontal number 3* (1964), de A. Michael Noll.

Em sua obra *Computer Composition With Lines*, de 1964, Noll se apropria dos resultados estéticos de *Composition With Lines* de Piet Mondrian. Em uma investigação realizada pelo autor, ao se mostrar as duas composições para 100 pessoas, a ampla maioria preferiu a composição computacional e atribuiu a Mondrian a sua concepção, discutindo-se assim as relações estéticas da Arte Computacional (NOLL, 1966). As duas obras podem ser vistas nas Figuras 22 e 23, respectivamente.



Figura 22: *Computer Composition With Lines* (1964), de A. Michael Noll.

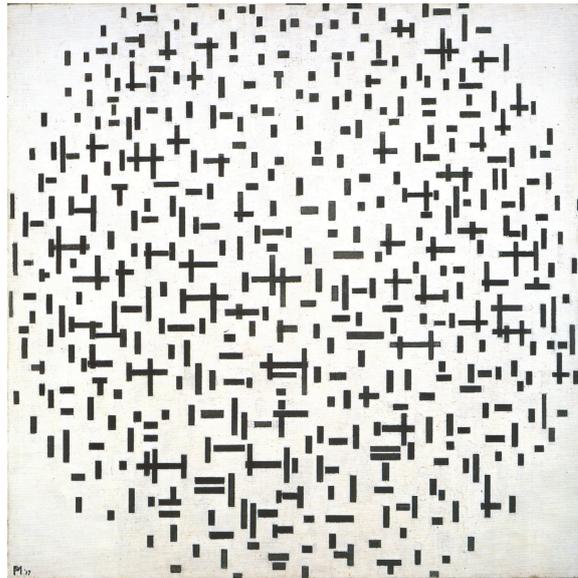


Figura 23: *Composition With Lines* (1917), de Piet Mondrian.

Frieder Nake também foi um importante autor desse período. Estudante de matemática e interessado em questões filosóficas relacionadas à teoria da probabilidade e números randômicos, se tornou um pupilo de Max Bense, aplicando os seus conhecimentos em representações gráficas de processos computacionais. Suas composições possuem arranjos com complexidade visual sofisticada, concebida por um software de desenho que emprega uma linguagem concebida pelo próprio autor, o *COMPARTER ER 56*. Nake foi um dos primeiros artistas a expor trabalhos de Arte Computacional e, assim como os seus contemporâneos, seu objetivo era o de expressar visualmente os comportamentos de algoritmos e os seus processos, tornando visível o antes invisível, como uma materialização do abstrato. Nesse sentido, entende-se que o autor conseguiu relacionar ordem rígida e chance em arranjos equilibrados entre estruturas racionais e orgânicas (POLD, 2005), ilustrados pelas Figuras 24 e 25.

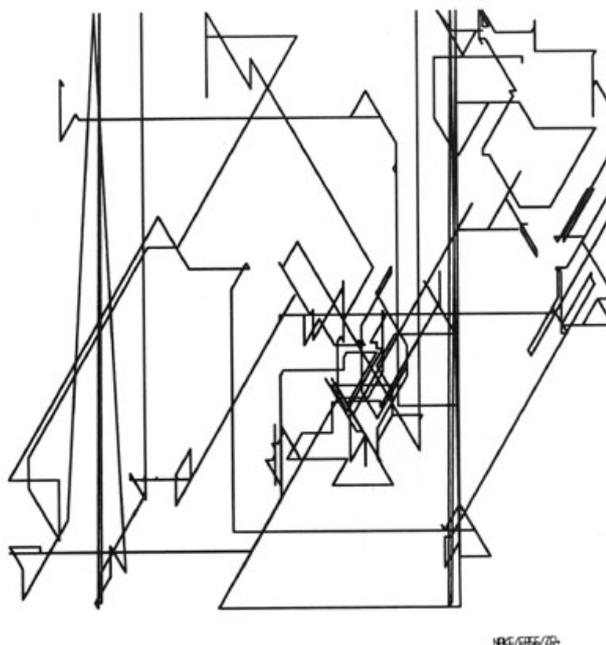


Figura 24: *Random Polygon number 7* (1965), de Frieder Nake.

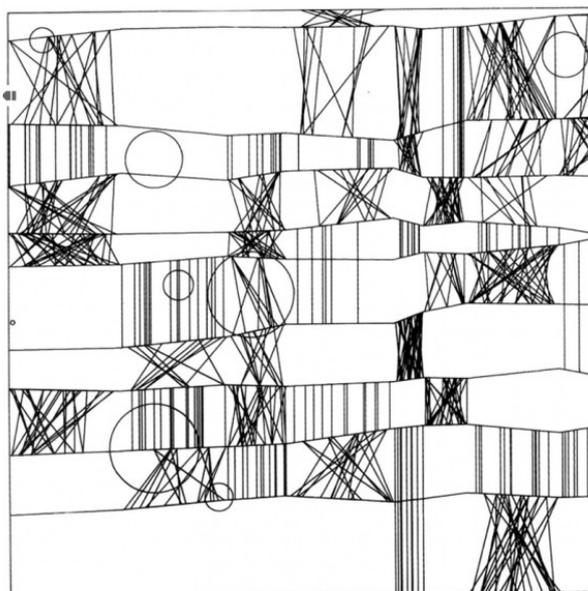


Figura 25: *Number 2* (1956-57), de Frieder Nake.

Os trabalhos de Nake se originam da repetição de algoritmos simples com regras randômicas independentes, como o *Number 2* (Figura 25), que é concebido da seguinte maneira: (a) são desenhadas linhas horizontais que se

quebram e mudam de direção sem que haja uma interseção entre elas; (b) são criados quadriláteros entre elas; (c) cada quadrilátero pode ser vazio ou possuir um conjunto randômico de linhas paralelas verticais ou um conjunto de triângulos; (d) círculos com raio e posições randômicas são desenhadas na tela, sempre contidos inteiramente em sua área visível. Atualmente, existem reproduções das regras criadas por Nake disponibilizadas em linguagens de programação de alto nível, como a versão de Nir Rachmel (2012) em Java e pode ser rodada em *Processing*.

Um outro artista pioneiro no campo da Arte Computacional destacado pelas suas composições que combinam com equilíbrio os seus elementos determinísticos e aleatórios é Edward Zajec. Em sua série *Prostor*, de 1969, um *grid* com base retangular é concebido visando evitar o efeito visivelmente perceptível dos *tiles*. Para tanto, a cada vez que o sistema é rodado, um retângulo é definido e subdividido em partes com proporções harmônicas, preenchido por linhas verticais, horizontais, diagonais e sinusoidais com dimensões estabelecidas por proporções harmônicas e conectadas por regras pré-estabelecidas (TRANSLAB [4], 2005; DAM, 1999). A série é ilustrada pelas Figuras 26 e 27.

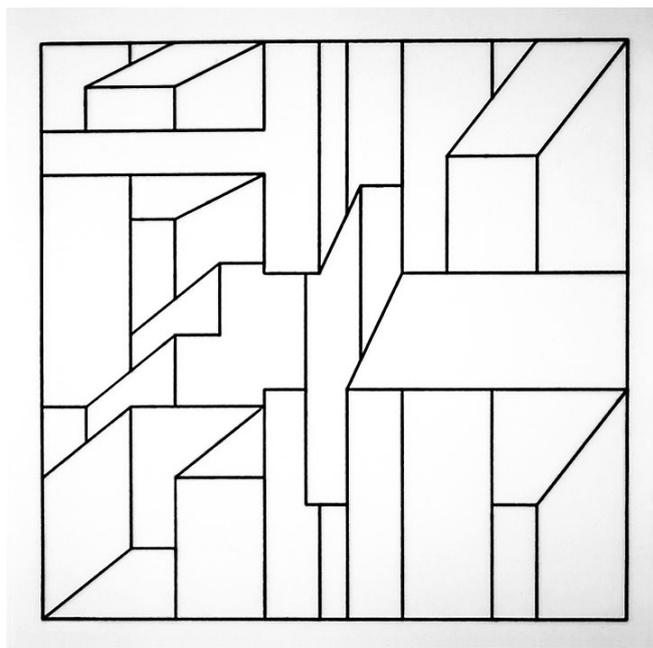


Figura 26: *Prostor p1 v19 Plotted Drawing* (1969), de Edward Zajec.

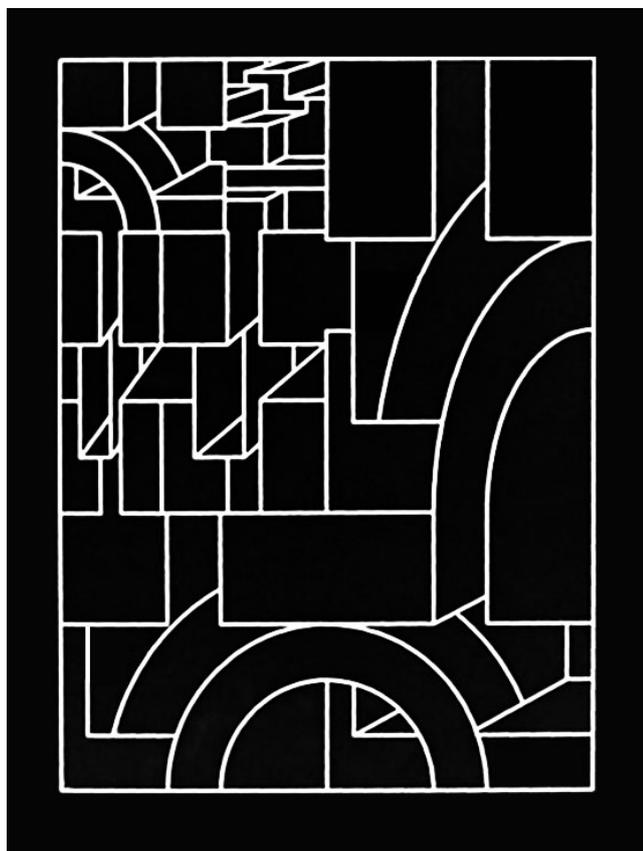


Figura 27: *Spatial Metaphor M2 Plotted Drawing* (1972), de Edward Zajec.

Em sua série RAM, de 1969, realizada em um computador IBM 1620, linhas são distribuídas em treliças com diferentes combinações de espaços e ritmos de acordo com variadas probabilidades de ocorrência (TRANSLAB [4], 2005), apresentada pelas Figuras 28 e 29.

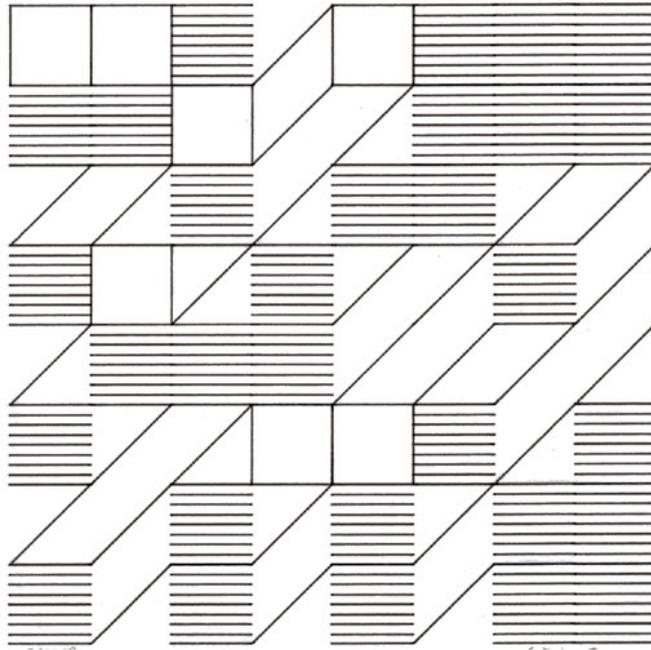


Figura 28: *RAM 10/4* (1969), de Edward Zajec.

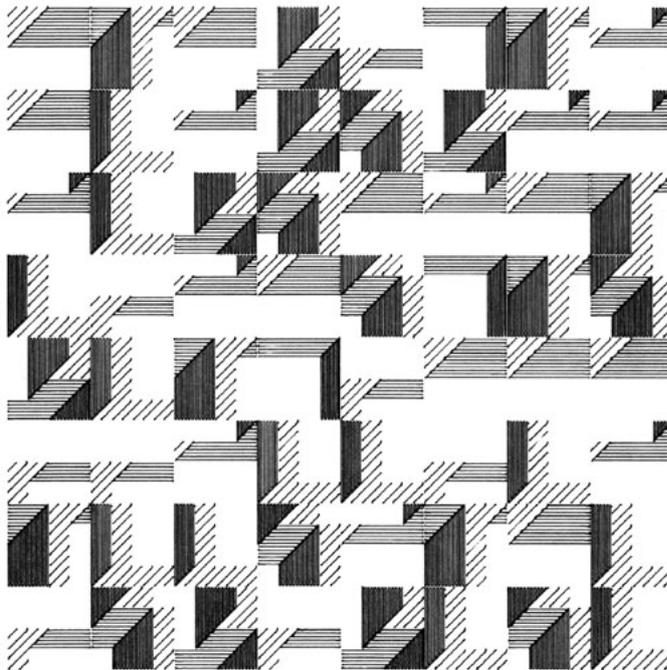


Figura 29: *RAM 2/6* (1969), de Edward Zajec.

Zajec propõe em sua série *TVC*, de 1971, uma mudança de foco do seu objeto de criação. Em vez de se empenhar no desenho de módulos visuais, o artista se concentra em elaborar as regras procedimentais de construção de suas composições. Nesse sentido, o foco não é mais a projeção geométrica, mas as regras gramaticais que delimitam as possibilidades de combinações que constituem os elementos (DAM, 1999). O sistema básico de funcionamento com apresentação dos módulos e de seu algoritmo de construção são apresentados nas Figuras 30 e 31. Alguns exemplos de composições podem ser vistas nas Figuras 32, 33 e 34.

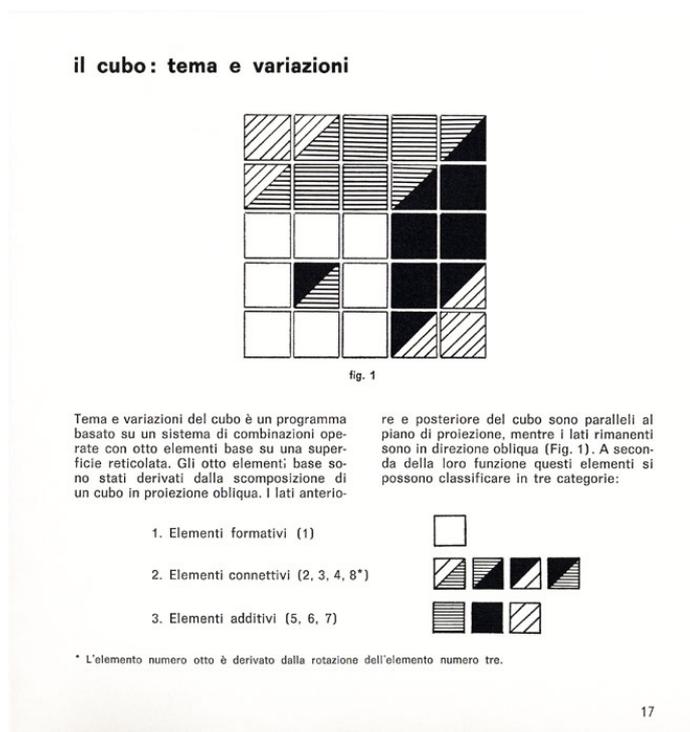


Figura 30: *TVC – The Cube Schematic* (1971), de Edward Zajec, retirado de DAM (1999).

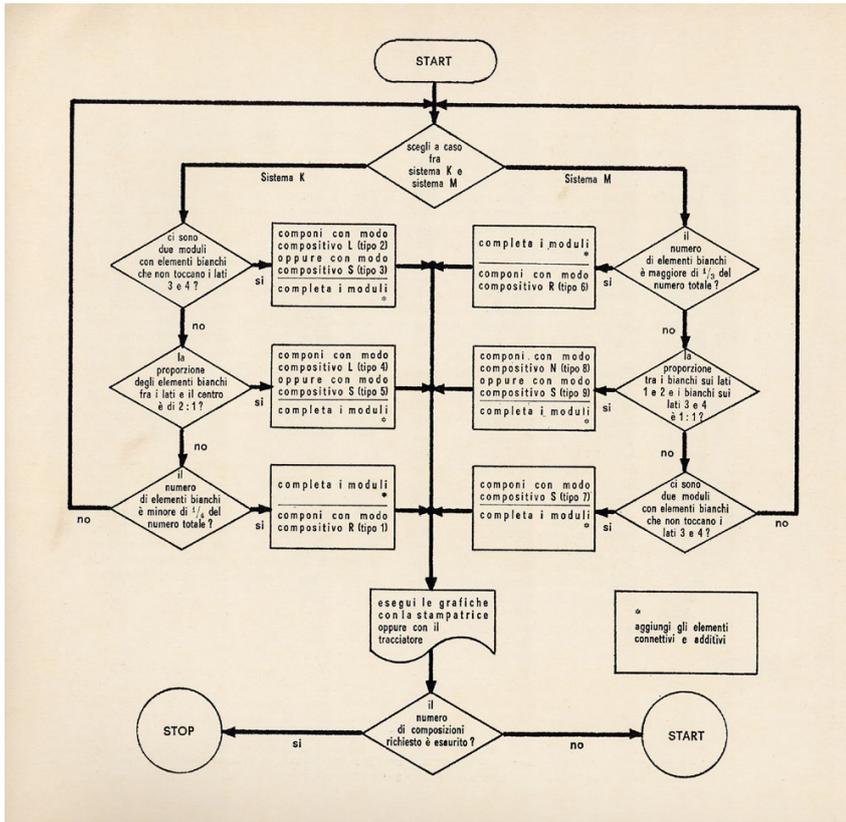


Figura 31: TVC – The Cube Schematic (1971), de Edward Zajec, retirado de DAM (1999).

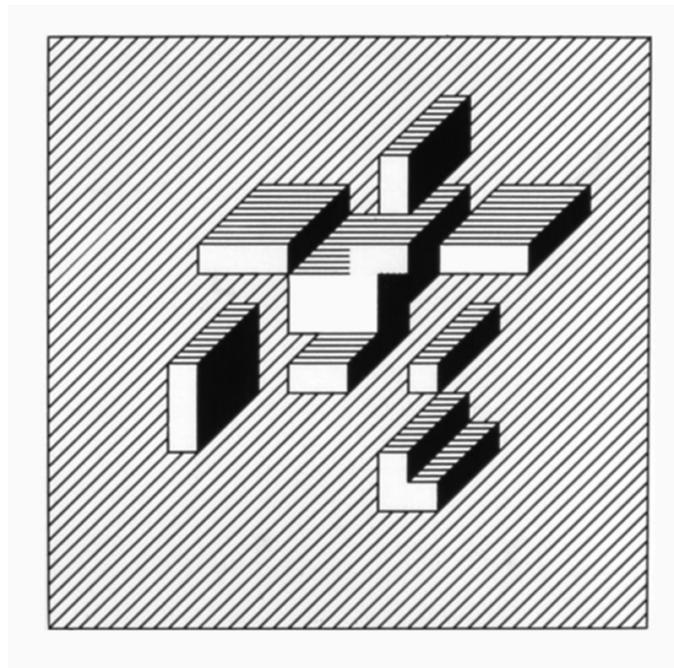


Figura 32: TVC1 Plotted Drawing (1971), de Edward Zajec, retirado de DAM (1999).

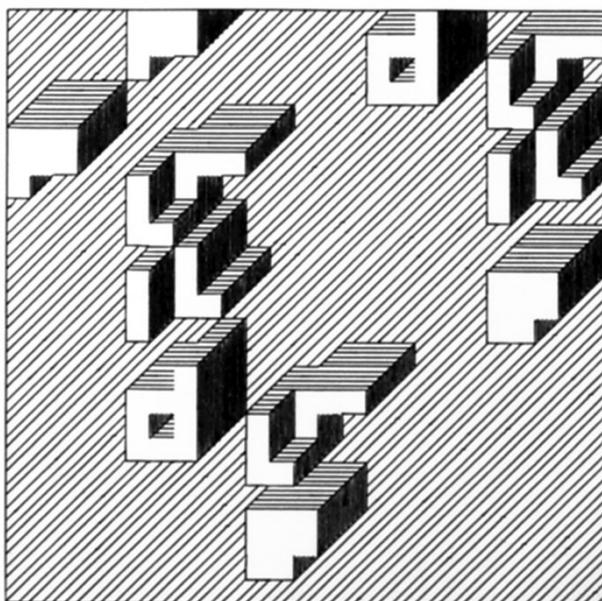


Figura 33: *TVC2 Plotted Drawing* (1971), de Edward Zajec, retirado de DAM (1999).

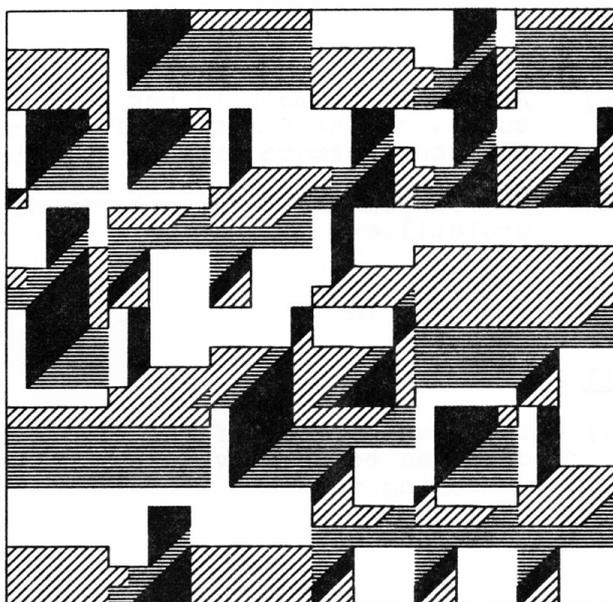


Figura 34: *TVC5 Plotted Drawing* (1971), de Edward Zajec, retirado de DAM (1999).

Finalizando os autores adotados como referência do período inicial da Arte Computacional, é apresentada a série *Scratch Code*, de 1969, de Manfred Mohr. As imagens são construídas por Mohr em um procedimento automático que segue

uma lógica de regras específicas para cada trabalho, capazes de gerar todas as suas formas e estruturas. Esses algoritmos seguem princípios randômicos e determinísticos na composição das imagens, denominados pelo autor como Filtros Estéticos. A sua série é ilustrada pelas Figuras 35 e 36.

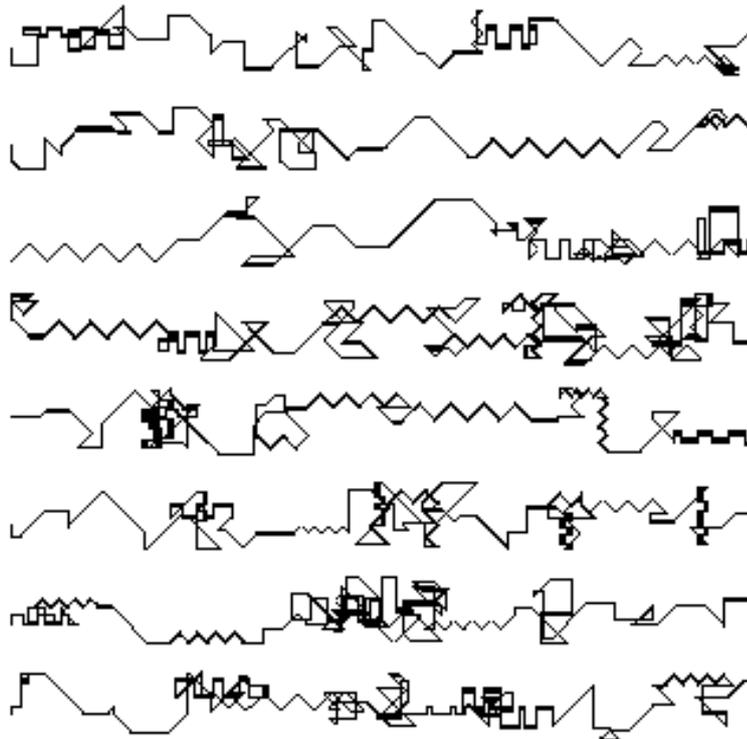


Figura 35: *Scratch Code P-021/B* (1969), de Manfred Mohr, retirado de DAM (1999).

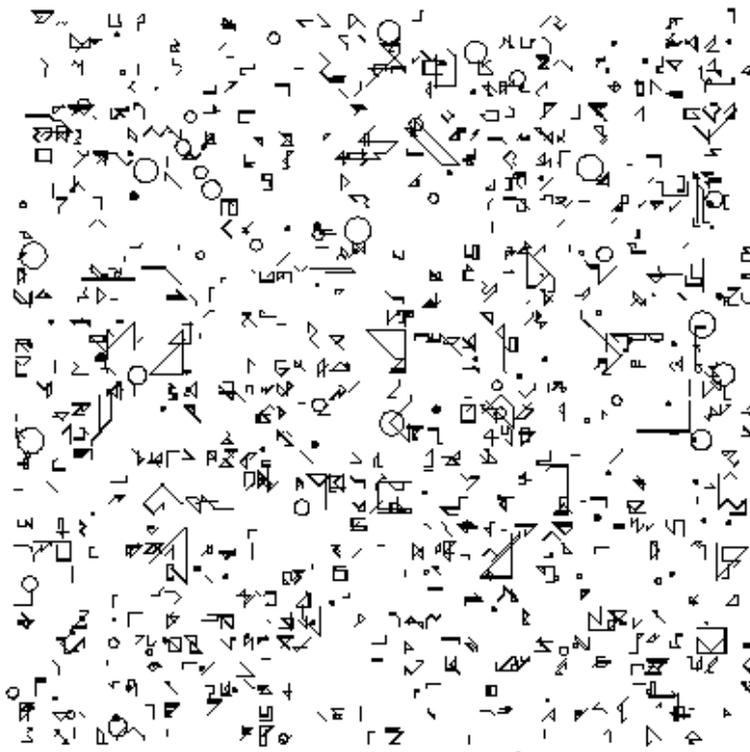


Figura 36: *Scratch Code P-050/R* (1970), de Manfred Mohr, retirado de DAM (1999).

Entre tantos outros artistas relevantes ativos desde o final da década de 60, como Ben Laposky, Charles Csuri, William Fetter, Vera Molnar, Mark Wilson, Joan Truckenbrod, Ivan Sutherland, Jean-Pierre Hébert, Georg Nees, Lillian Schwartz ou Roman Verostko, os artistas apresentados, assim como as suas obras selecionadas, foram consideradas pela sua afinidade com a poética pretendida. A intenção dos autores de tornar visível os processos algorítmicos abstratos na construção de uma complexidade visual organizada pelo equilíbrio entre comportamentos determinísticos e randômicos é o ponto de interseção entre os trabalhos apresentados e a Morfogênese. Apesar de ser uma questão que acompanha os primórdios da Arte Computacional e da Arte Gerativa desde a sua primeira geração de artistas, considera-se que esse ainda seja um tema pertinente a ser explorado, tornando-se o ponto central da poética proposta.

Contudo, entende-se que a evolução tecnológica, associada ao conhecimento produzido acerca da dinâmica dos sistemas complexos, modifique

o contexto atual daquele no qual esses artistas apresentaram seus trabalhos. A capacidade de recursos disponíveis atualmente permitem a expressão não só dos resultados estáticos dos cálculos realizados, mas da vivência do processo das relações ocorridas internamente aos sistemas. Por isso, mantém-se a questão das composições de arranjos derivados de pitadas de ordem e desordem, mas são buscadas as expressões das suas relações processuais, sob a inspiração das leis naturais da evolução e da emergência.

Outros artistas também se interessaram pela relação entre a Arte Gerativa e o processo evolutivo durante as décadas seguintes, como Yoichiro Kawaguchi, William Latham e Karl Sims, que possuem um variado repertório de produções que vinculam diferentes materiais e processos à questão da evolução biológica. Kawaguchi (1982) estudou a estrutura morfológica de conchas, chifres, garras e plantas para propor algoritmos comuns de crescimento dos objetos biológicos (Figura 37), que resultaram em uma diversificada produção nos últimos 30 anos.

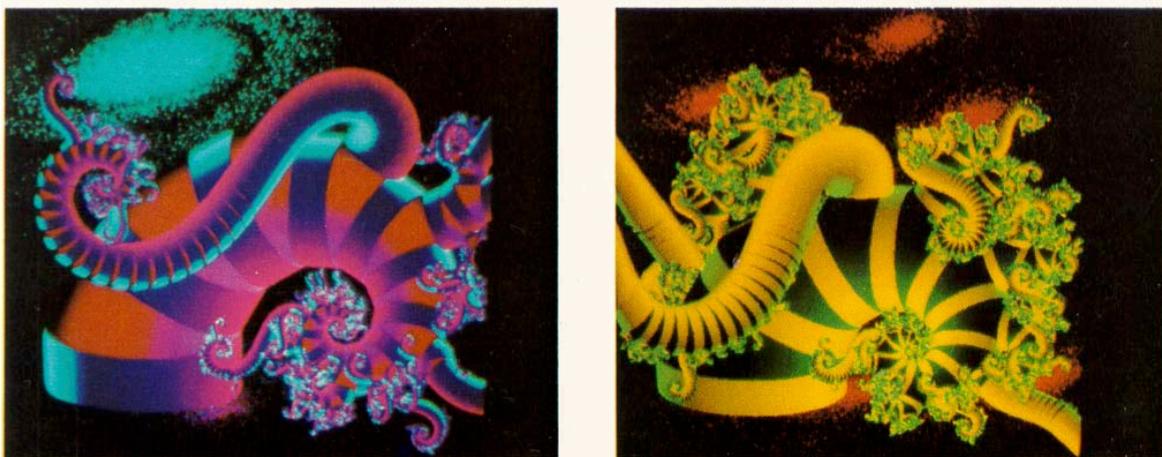


Figura 37: *Tentacles Growth Patterns* (1982), de Yoichiro Kawaguchi, que representa modelos de estruturas derivadas de um algoritmo comum de crescimento.

Em *Evolution of Form*, de 1989, Latham propõe sistemas complexos de formas mutantes que geram estruturas dinâmicas e orgânicas (Figura 38). Já Karl Sims aborda a questão da evolução em diferentes trabalhos desde a década de

80, com sistemas computacionais que simulam a evolução em ambientes e organismos artificiais interativos, como em *Genetic Images*, de 1993 (Figura 39), até a versão tridimensional de estruturas orgânicas derivadas de equações matemáticas (Figura 40).



Figura 38: *Evolution of Form* (1989), de William Latham.

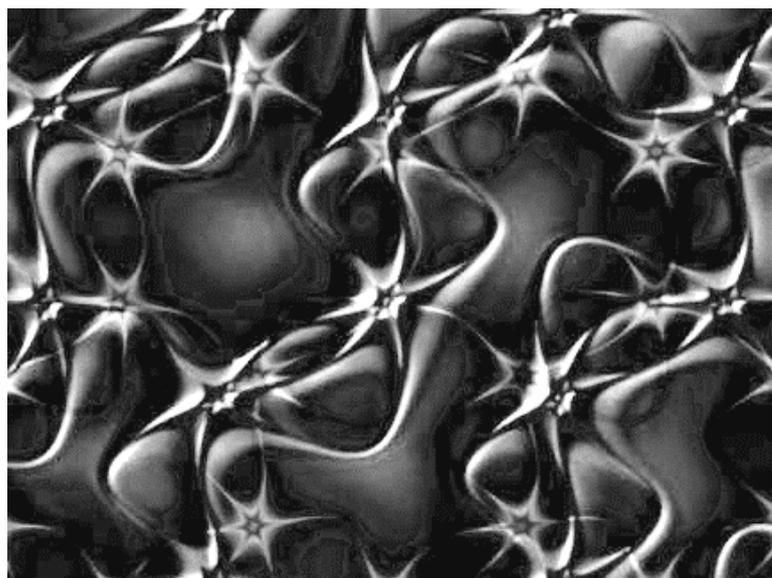


Figura 39: *Genetic Images* (1993), de Karl Sims.

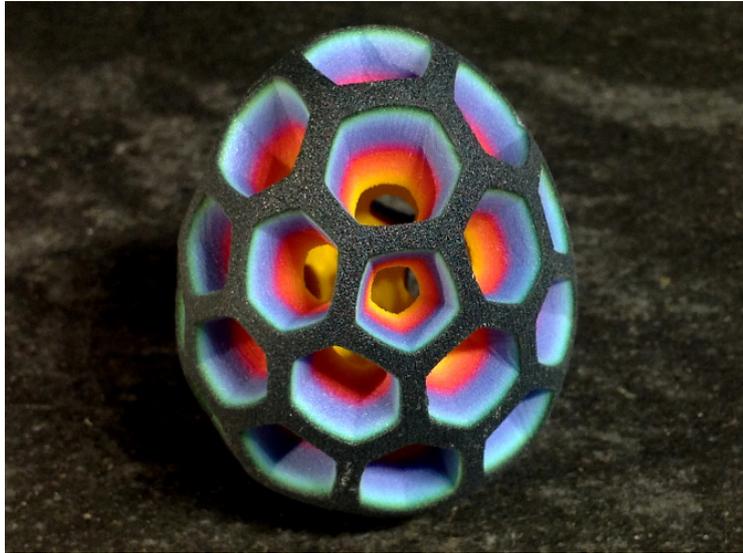


Figura 40: *Mosaic Egg #2* (2013), de Karl Sims.

Mas talvez um dos mais importantes trabalhos a relacionar as possibilidades de interação exógena com um sistema de vida artificial com interações endógenas em uma interface natural tenha sido o A-Volve (Figura 41), de Sommerer e Mignonneau (1994). O A-Volve consiste em um ambiente interativo em tempo real no qual criaturas virtuais são criadas pelos interatores por meio de um sistema computacional e passam a ser projetadas no fundo de uma pequena piscina com água, como se estivessem nadando. Essas criaturas são frutos de processos evolutivos e também originados de criação e decisões humanas. Ao se deslocar pela piscina, esses seres podem brigar ou reproduzir, gerando novas criaturas no ambiente aquático. Ao tocar na água, os interatores podem influenciar seu comportamento e interagir diretamente com as elas, modificando seu comportamento e se tornando parte do sistema. Os interatores também podem se relacionar entre si por meio das criaturas vivas, cooperando ou competindo para decidir quais criaturas devem sobreviver. Assim, diferentes níveis de interação são propiciados pelo seu sistema, que conecta a realidade à não realidade de uma maneira natural e fluida (SOMMERER & MIGNONNEAU, 1994).



Figura 41: *A-Volve* (1994), de Sommerer e Mignonneau.

Portanto, além da expressão abstrata dos processos algorítmicos determinísticos e probabilísticos, a relação de interatividade na transformação dos comportamentos dos agentes computacionais é um elemento muito importante para o sistema projetado. A partir da conexão das vidas artificiais com o interator espera-se tornar a vivência do processo evolutivo mais significativa e imersiva para as pessoas. Segundo Oliver Grau (2003), o *A-Volve* consegue propiciar essa experimentação pela sua proposta de obra enquanto jogo. Nela, os usuários tentam proteger as suas criaturas e desenvolvem estratégias para que elas tenham um tempo maior de vida, ilustrando o seu vínculo afetivo.

Assim, somam-se esses atributos para a projeção da Morfogênese, buscando-se uma relação com os interatores mais profunda, similar à propiciada pelo *A-Volve*, explorando-se as questões evolutivas de transformações das formas por transmissões genéticas e mutações, representadas por algoritmos intencionais, mas também por probabilidades randômicas, expondo em sua interface a lógica de seus processos computacionais. Contudo, espera-se

evidenciar com mais ênfase as possibilidades de equilíbrio ecológico propiciado pela evolução dos agentes em suas interações endógenas.

Por isso, a Morfogênese se inspira no processo evolutivo das vidas artificiais transpostas para o ambiente de silício, como faz o sistema *Tierra*, de Thomas S. Ray (1993), que orienta as vidas artificiais a disputarem a memória do computador e seus recursos de processamento (Figura 42), semelhante ao *Core War* de Jones e Dewdney (1984). Contudo, ela é concebida em uma camada de alto nível e não em linguagem de máquina, como o *Tierra*. Além disso, a Morfogênese possui uma ênfase em sua interface gráfica para que a relação com os seus interatores seja mais explícita, como o sistema *Avida* (Figura 43), de Ofria, Adami e Brown (ADAMI & BROWN, 1994), também inspirado no *Tierra*. Em suas versões mais atuais, o *Avida* disponibiliza aos interatores uma interface de controle e análise dos desdobramentos ocorridos durante a evolução (PENNOCK, 2013) (Figura 44).

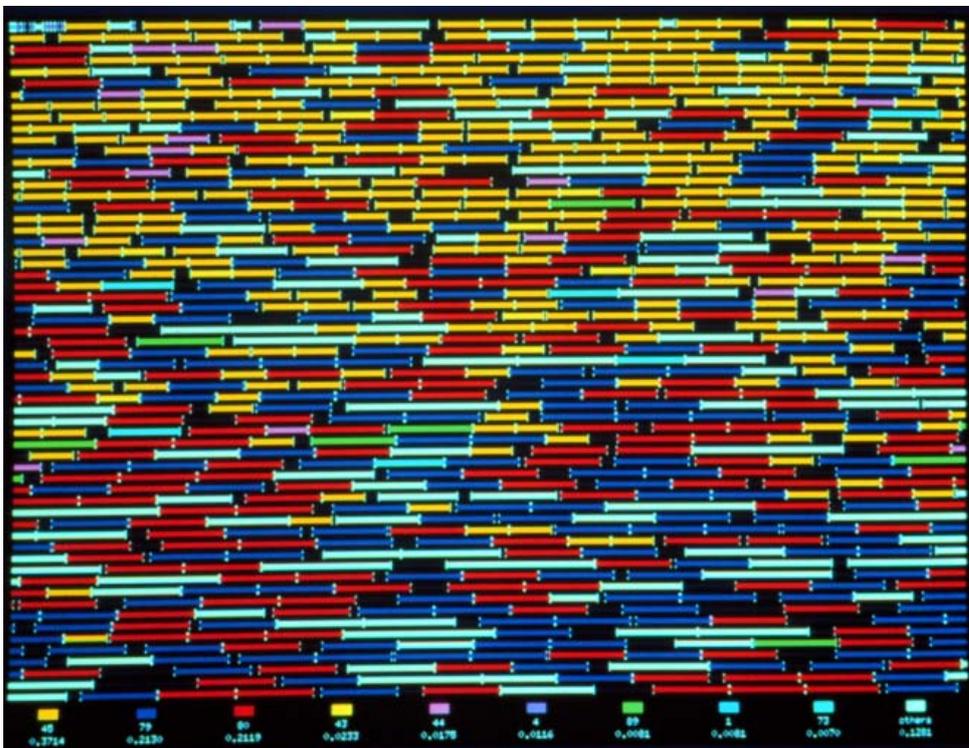


Figura 42: versão mais atual do *Tierra* de Thomas Ray, gerado pelo Monitor de Vida Artificial (ALmond) de Marc Cygnus, retirado de <<http://life.ou.edu/pubs/images/>>.

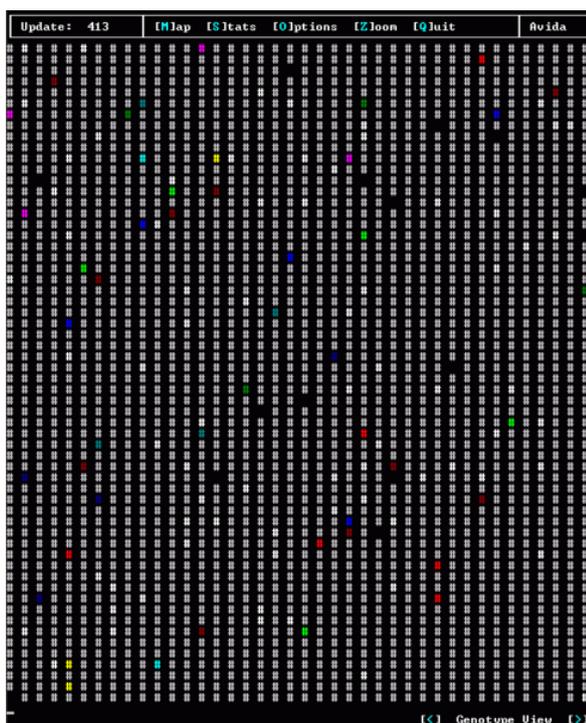


Figura 43: *Avida* (1993), de Ofria, Chris Adami e C. Titus Brown, inspirado no sistema *Tierra*.

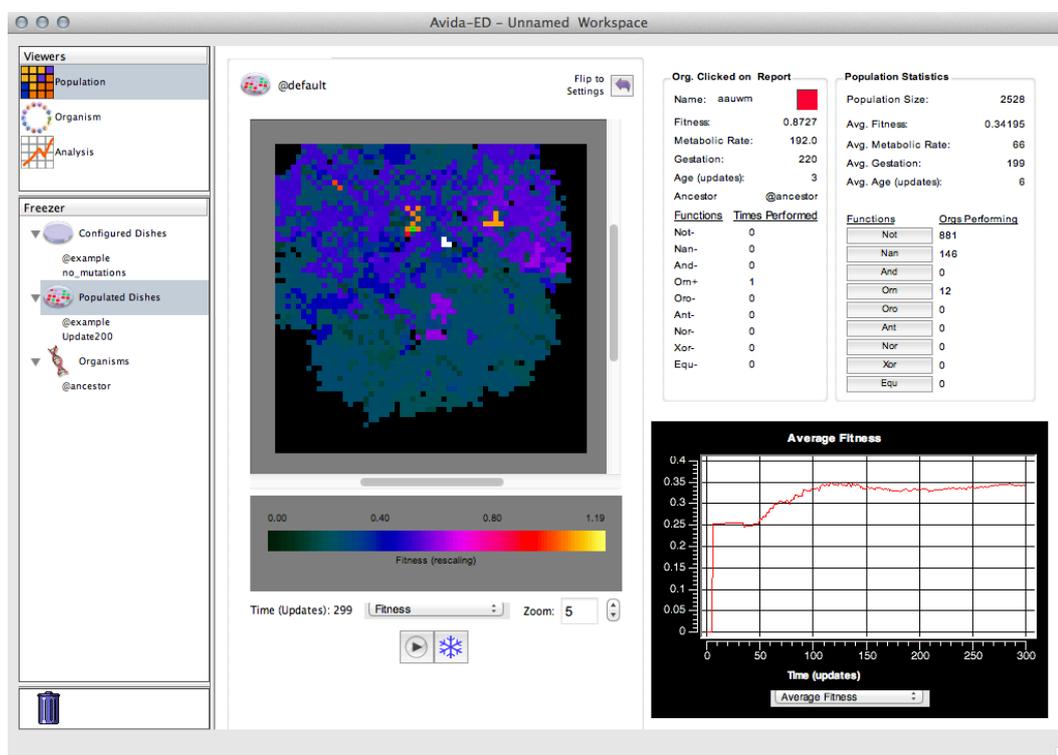


Figura 44: versão mais atual do *Avida*, que permite uma visualização mais precisa dos controles e configurações da população e dos resultados de sua evolução.

O *Avida* é empregado atualmente em condições experimentais que visam explicar a origem de funções complexas por meio do processo evolutivo (LENSKI, OFRIA, PENNOCK & ADAMI, 2003). Entretanto, o processo evolutivo em si é demonstrado como uma alteração das cores dos *pixels* que representam as vidas artificiais, semelhante à representação de vida artificial do sistema *Game of Life*, proposto por *Conway* (GARDNER, 1970). No presente trabalho, a interface gráfica é relacionada à poética com a intenção de transmitir aos interatores os processos evolutivos que ela representa, não consistindo unicamente em um teste matemático do modelo de evolução proposto por Darwin (1859).

Por isso, além dos níveis de interatividade endógena propostos para a poética, os processos de deslocamento, briga ou alimentação dos agentes devem ser visíveis para as pessoas enquanto processos de vida. Além disso, o sistema proposto deve incorporar os seus interatores como influenciadores do processo de evolução das criaturas artificiais, como faz o *A-volve*. Portanto, a Morfogênese deve ter em comum com os sistemas *Tierra* e *Avida* apenas o fato de não ser guiada por uma Função de Adaptação pré-definida, mas adotar uma relação simples de sobrevivência e morte, tornando a afirmativa tautológica de “sobrevivência do mais adaptado” em sua afirmação inversa: o mais adaptado é aquele que sobrevive (RAY, 1994).

Ainda, outras diferentes relações podem ser estabelecidas entre o sistema imaginado e os diversificados trabalhos artísticos realizados nos últimos 50 anos que envolvem regras computacionais de auto-composição e processos evolutivos, como, por exemplo, as obras dinâmicas de Brandon Morse, a *City Symphonies* de Mark McKeague, *The Creators* de Constanza Casas, Mark C. Mitchell e Pieter Steyaert, o *Computing Kaizen* de Hasegawa/Collins Studio ou o *Mycelium* de Ryan Alexander, que utilizam tecnologias semelhantes para a construção de suas aplicações. Entretanto, pretende-se focar a presente narrativa em seu percurso específico, apresentando as inspirações diretas que auxiliaram a composição dos arranjos estruturais, visuais e acústicos da interface da Morfogênese, descritos no tópico a seguir.

2.3 A origem das formas microscópicas

Nesse momento, são apresentados os projetos que influenciaram a concepção da interface da Morfogênese, que deve ser capaz de envolver a narrativa de interação projetada. Alguns dos projetos descritos serviram apenas como um gatilho propulsor que permitiu os seus primeiros passos, enquanto outros foram fontes de inspiração da maneira como o sistema deveria se comportar, dos tipos de interação que poderiam ser idealizados, das experiências estéticas que poderiam ser propiciadas ou dos elementos gráficos e sonoros que poderiam compor a sua interface. São apresentadas campanhas, jogos, sistemas, obras clássicas e contemporâneas.

As primeiras reflexões acerca da poética pretendida surgiram da seguinte premissa sobre sua ecologia, seguida pelas indagações: cada ação dos indivíduos, mesmo que involuntária, modifica o meio em que vivem, contribui, transforma, destrói. Qual seria o seu impacto em um sistema de vida artificial acelerado, de modo que o interator possa vivenciar as consequências de suas ações? É possível promover uma reflexão quanto ao impacto de nossas ações em um meio complexo, similar ao ambiente em que vivemos e agimos livremente quase que de maneira cega aos efeitos de nosso próprio comportamento?

Visando avaliar o impacto dos hábitos humanos na natureza, os especialistas Wackernagel e Rees (1996) criaram o conceito de Pegada Ecológica. A Pegada Ecológica é uma forma de quantificar o impacto da utilização dos recursos naturais que permite sustentar determinado estilo de vida. Nesse sistema, inclui-se a cidade, a casa onde se mora, o transporte que se utiliza, o que se come, o que se faz nas horas de lazer, os produtos que se consome e outros componentes do cotidiano das pessoas. Essa maneira de ressignificar as nossas ações no meio e de permitir uma visualização de suas consequências surgiu como um impulso na concepção da Morfogênese.

No entanto, a abordagem aqui proposta ocorre de maneira distinta, menos direta. A poética sugerida é voltada para a experimentação do impacto das ações

humanas em um meio controlado de maneira sugestiva e provocativa. Por ser um sistema acelerado, as consequências das ações dos interatores ocorrem imediatamente no sistema, podendo fazer com que uma colônia de agentes que levou horas para se formar desapareça por completo em alguns segundos. Por isso, mesmo em uma ação simples, como um único toque, o interator pode ter a sua expectativa frustrada. Por exemplo, a interação com um agente computacional que gerou algum vínculo por possuir uma combinação cromática específica pode ser fatal, caso ele se desloque e seja atacado em seguida.

Além da questão da sensibilização quanto ao nosso papel no meio em que vivemos e no qual interferimos, a própria dinâmica do sistema deve representar o processo evolutivo, conforme descrito anteriormente. Assim, a poética também tem como inspiração o trabalho de Karl Sims *Evolved Virtual Creatures* (1994). Nele, o autor demonstra como criaturas compostas por blocos adotam comportamentos evoluídos relacionados à locomoção, competição e adaptação, selecionados por um processo evolutivo de acumulação que foi acelerado, mas que segue a Teoria da Evolução de Darwin (1859). Exemplos de estruturas e comportamentos adaptados e selecionados naturalmente são apresentados nas Figuras 45 e 46.



Figura 45: criatura composta por blocos que desenvolveu comportamento de nado em *Evolved Virtual Creatures* (1994), de Karl Sims.

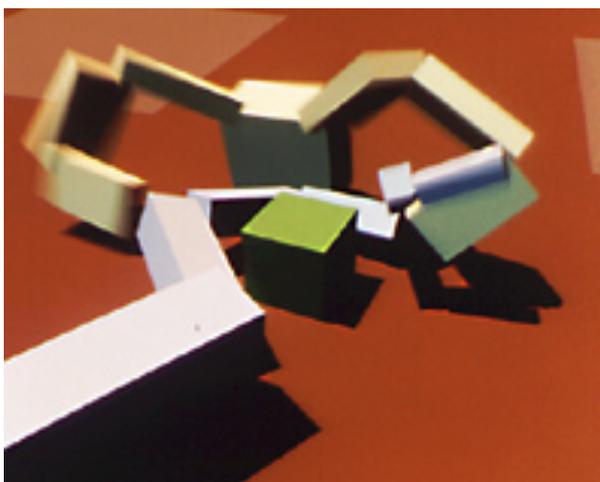


Figura 46: criaturas compostas por blocos que desenvolveram comportamentos específicos de competição em *Evolved Virtual Creatures* (1994), de Karl Sims.

No entanto, diferente do trabalho de Karl Sims, o objetivo da poética não é selecionar o conjunto genético mais adaptado, apto a ser transmitido às próximas gerações. Nem é objetivo do presente trabalho definir uma Função de Adaptação para que o processo evolutivo seja guiado ou a avaliação estética seja computada, conforme sugere Galanter (2010). Apesar de adotar um sistema transmissão de conteúdo genético, no sistema proposto o foco está nas situações geradas e nos padrões emergentes do processo de evolução em si. As imagens formuladas pelo sistema de maneira automática, originada pelas combinações de cores e sons, emergidos dos comportamentos programados de cada ser frente aos seus contextos específicos, são o tema do trabalho. Ou seja, a experimentação do processo de transformação do contexto, dos ciclos de vida e morte das criaturas, são fundamentais para a poética.

Nesse sentido, o trabalho possui mais semelhanças com o *Game of Life* proposto pelo matemático John Conway em 1970 (GARDNER, 1970). Ele consiste em um jogo *zero players*, ou seja, a sua evolução é determinada apenas pelo seu estado inicial, no qual os autômatos celulares (VON NEUMANN, 1966), representados por pontos quadrados, morrem ou se reproduzem a partir de regras simples (Figura 47).



Figura 47: exemplo de evolução em *loop* com os famosos *gliders* do *Game of Life* (1970), de *John Conway*.

No sistema de Conway, a interação das pessoas ocorre apenas em seu estado inicial, na configuração do posicionamento das criaturas. A partir desse momento, o jogador se torna um espectador do resultado da aplicação de quatro regras simples de posicionamento que determinam a manutenção, morte ou criação de uma nova vida.

Apesar de simples, os resultados atingidos a partir de estados iniciais específicos são complexos e imprevisíveis, tornando a obra de Conway um clássico, especialmente considerando-se o contexto tecnológico da época e o fato de possuir as propriedades de uma Máquina de Turing Universal. Apesar da semelhança, além de permitir ao interator apenas observar o desenvolvimento das vidas artificiais, pretende-se que a Morfogênese possua desdobramentos automáticos de acomodação dos agentes ao longo de sua evolução e também permita a interação com os agentes ao longo de sua evolução e não somente em seu estado inicial, como o A-Volve de Sommerer e Mignonneau (1994).

Além da simplicidade visual dos seus elementos constitutivos e das possibilidades orgânicas dos padrões emergentes, a poética segue a linha estética iniciada na experimentação do próprio autor denominada *Tanque de Esboços* (SILVA, 2011), cujo objetivo é transmitir a sensação de imersão em um

ambiente aquático, sugerido pela altura do pé direito do ambiente, constituído a partir de linhas de esboço somadas a uma paleta de 2 tons de azul sem o uso de tintas ou de um desenho figurativo detalhado. Ainda, a sensação de imersão é sugerida por um volume cúbico de 60cm, que contém o desenho de uma forma que lembra um animal aquático, composto somente por linhas em 2 planos diferentes do cubo e que nada entre os espectadores (Figura 48).



Figura 48: *Tanque de Esboços* (SILVA, 2011), experimentação estética que inspirou a concepção da Morfogênese.

O *Tanque de Esboços* representa a perda da superfície de detalhes proporcionada pela pintura realista, decomposta ao seu rascunho e suas cores "originais" da paleta, presentes somente na intenção do autor, mas sem perder o seu significado simbólico enquanto imagem. Nesse sentido, as linhas são utilizadas visando uma continuidade e fluidez que unem os planos de suporte de maneira orgânica, proporcionando a sensação de imersão no ambiente.

Ela foi elaborada com grafite e papel, tendo a parede como suporte em uma área de 3m² e, por isso, é estática. O presente trabalho, por meio de processos computacionais, pretende dar vida às linhas para que expressem a sua organicidade, presente em seus movimentos entrelaçados e disposições. O

contraste entre as linhas e as formas geométricas continua, incorporando a geometria às vidas artificiais e não somente ao seu ambiente.

Apesar da semelhança estética, a situação representada não é mais um meio aquático, mas microscópico. A Morfogênese expressa uma visão de microrganismos vivendo e competindo pela sua sobrevivência. Esses seres são os componentes das imagens, reduzidos aos seus elementos essenciais. É como se as linhas, formas e cores estivessem brigando a todo instante para determinar as imagens que podemos ver a olho nu. Elas tentam impor a sua supremacia, determinando as características das imagens que vemos, em uma batalha constante pela sobrevivência, se movendo, reproduzindo, se alimentando dos restos mortais de formas geométricas caídas em batalha. Assim, a mesma intenção de derivação das unidades que compõem a figura realista para os seus elementos essenciais são apropriados do *Tanque de Esboços* para a Morfogênese.

O que é esperado em termos iconográficos é um conjunto de imagens compostas por rabiscos vivos que mudam de cores e formas a todo instante. A intenção do autor é promover uma experiência de fruição a partir de formas geométricas que se tornam vivas com o auxílio da tecnologia e dos processos computacionais em composições não figurativas, inspiradas nos trabalhos dos artistas computacionais dos anos 60. Ela consiste em uma observação ou participação de um processo de batalha celular no universo dos fundamentos da linguagem visual e sonora, como se as formas geométricas, arranjadas em composições orgânicas, pudessem finalmente se mover, colaborando umas com as outras ou destruindo as cores inconvenientes que cruzam seu caminho. Por isso, a complexidade visual gerada pela disposição de formas e linhas geométricas, com combinação de cores e arranjos específicos, busca também a inspiração nas composições dos pioneiros da pintura abstrata, como Kandinsky e Miró (Figuras 49, 50 e 51), que criavam organicidade visual em arranjos a partir de formas Euclidianas mais simples.

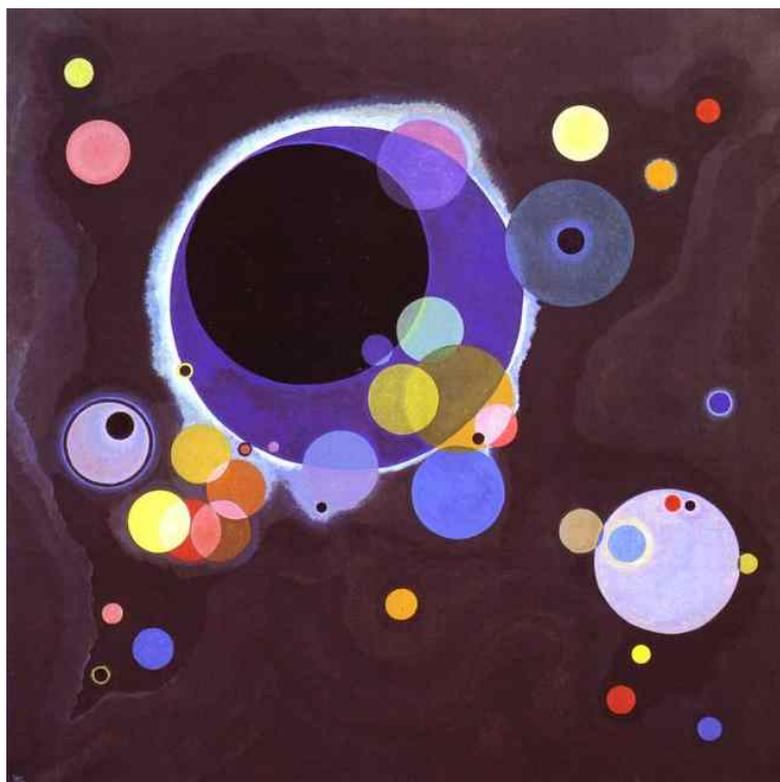


Figura 49: *Several Circles* (1926), de Kandinsky.

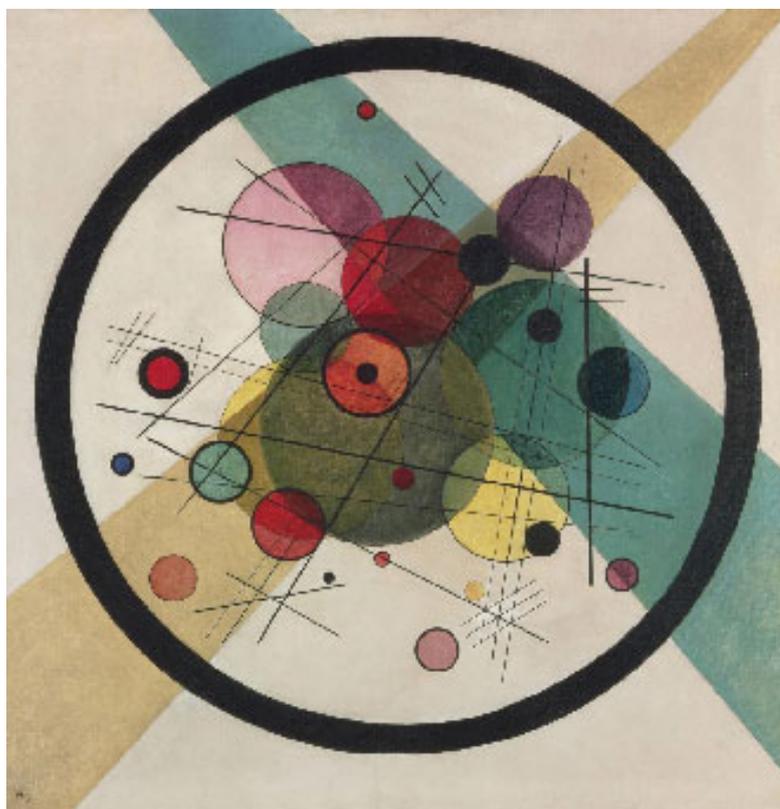


Figura 50: *Circles in a Circle* (1923), de Kandinsky.



Figura 51: *Cat Encircled by the Flight of a Bird* (1941), de Joan Miró.

A poética sugerida defende que a origem de toda imagem, seja ela figurativa ou não, surge de uma composição concreta microscópica, que se adaptou ao longo do tempo e tomou para si características próprias, eliminando formas e cores vencidas, em um processo de evolução contínuo. Esse é o referencial adotado para concepção de seus agentes computacionais e no aspecto das imagens dinâmicas formadas por eles. Em termos de uma macro visualização do sistema, o que se busca é a organicidade de uma construção de complexidade efetiva. Por isso, também não poderia deixar de ser citado o trabalho de Miguel Chevalier, intitulado *Segunda Natureza* (2009), que possui uma série de elementos orgânicos concebidos a partir de formas geométricas básicas tridimensionais que são projetadas em grande superfícies, simulando um contato direto com a natureza (Figura 52). O trabalho de Chevalier é uma inspiração tanto

no tema do trabalho, que envolve uma representação de processos naturais, quanto na estética adotada pelo autor em seus padrões rizomáticos de desenvolvimento.

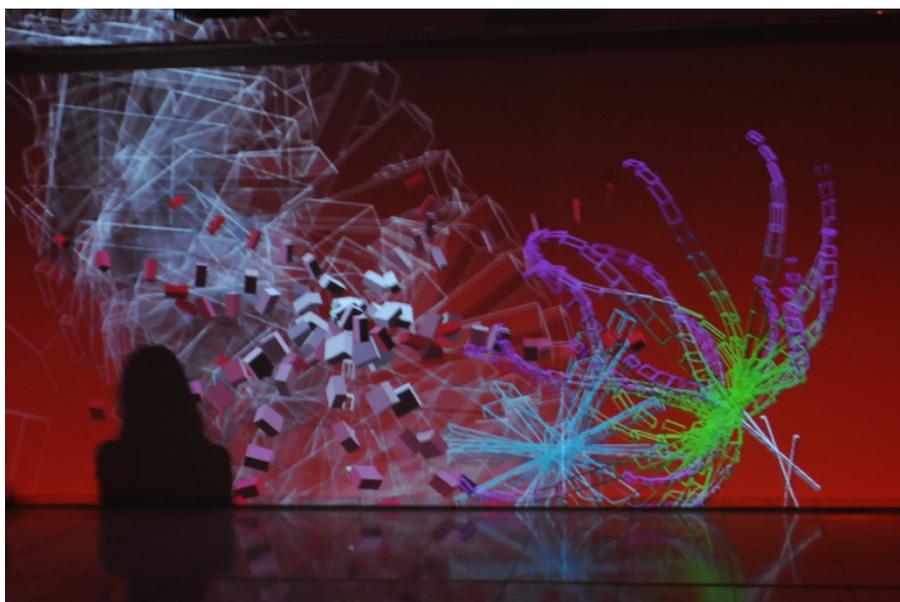


Figura 52: *Segunda Natureza* (2009), de Miguel Chevalier.

Em termos de complexidade visual, além de Chevalier, o trabalho da artista Lia Something (2013) é uma referência importante para a composição dos arranjos da Morfogênese. A artista relaciona Arte Digital, instalações e sons desde 1995 em trabalhos que adotam uma estética emergente a partir de algoritmos computacionais. Em sua série *Mira*, ela propõe uma aplicação gerativa interativa on-line que constrói padrões de flores a partir do comportamento de partículas que se deslocam pelo ambiente. Seus padrões são sofisticados e o equilíbrio entre ordem e desordem na quantidade de informações presentes no sistema ilustram o estado esperado para a visualização do macro sistema da poética idealizada (Figura 53). Em sua outra série *Sum05*, a experimentação artística da criação colaborativa é propiciada por uma aplicação para iPhones e iPads, e mais uma vez pode ser percebida a complexa trama de construção de composições orgânicas a partir de comportamentos determinísticos e aleatórios que sofrem influência das ações dos interatores (Figura 54 e 55).

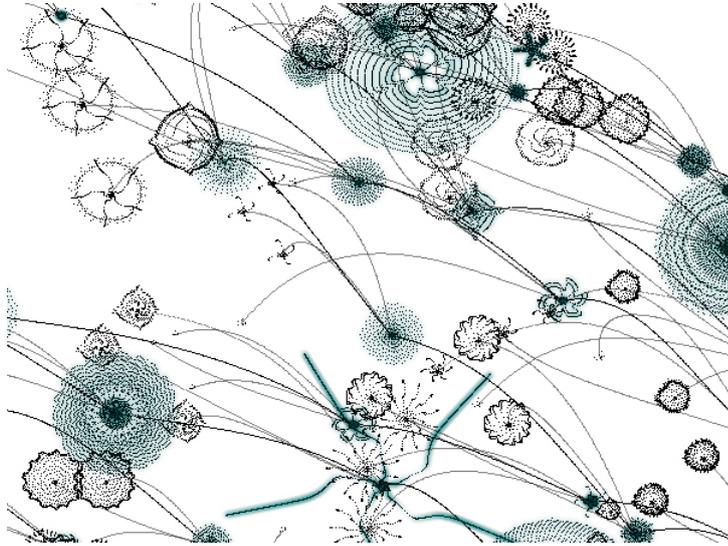


Figura 53: *Mira* (2005), de Lia Something.

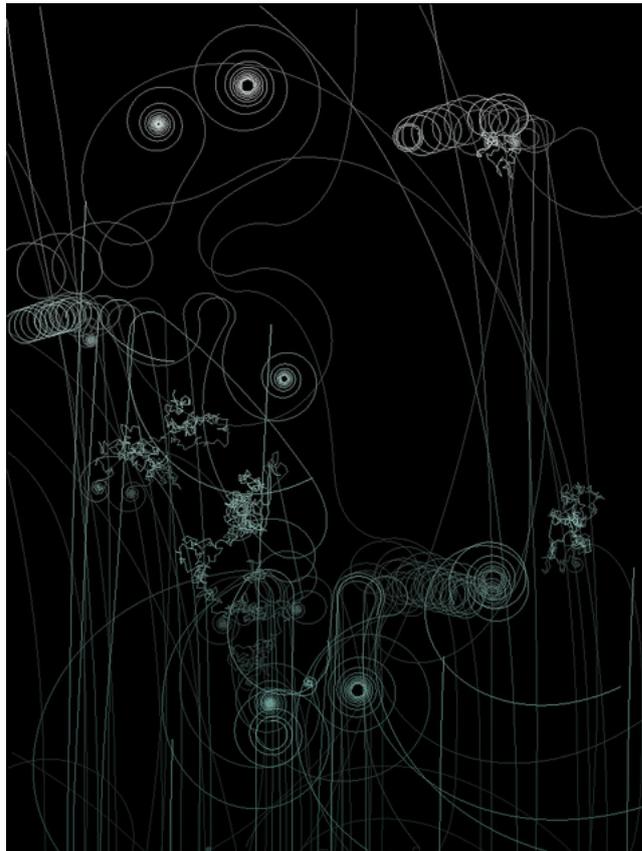


Figura 54: *Sum05 iPad 007* (2012), de Lia Something.

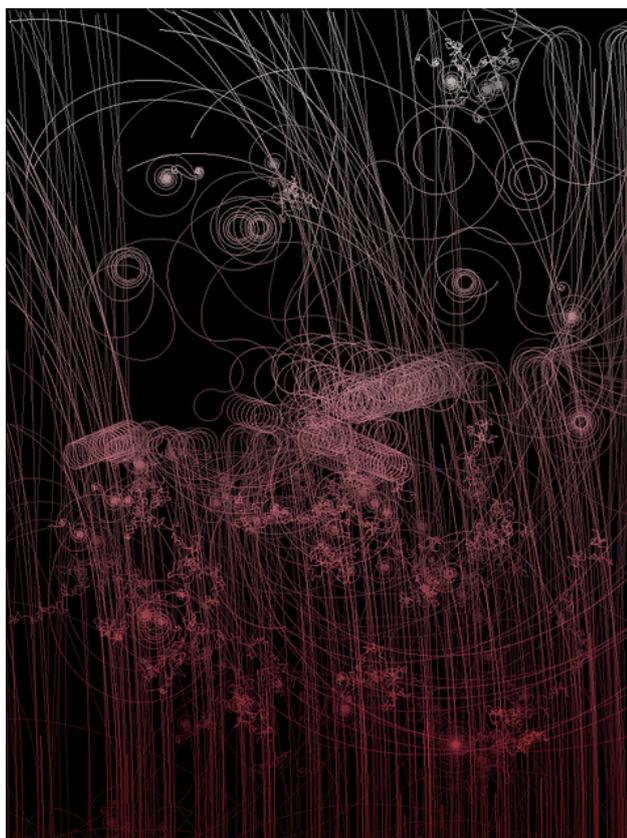


Figura 55: *Sum05 iPad 008* (2012), de Lia Something.

Contudo, o equilíbrio entre a percepção individual dos agentes e os arranjos formados pelo sua coletividade deve ser buscado de maneira cuidadosa. A intenção poética da Morfogênese é ilustrar justamente a transição entre os seus comportamentos individuais e coletivos, expondo o processo de Inteligência em Enxame dos agentes computacionais, que originam composições dinâmicas que variam em nível de complexidade ao longo do tempo. Para tanto, foram buscadas referências que articulem esses dois níveis da poética de uma maneira natural e fluida. Nesse sentido, a relação entre formas e movimentos propostos por Abraham Palatnik em seus *Objetos Cinéticos* (1966) demonstram o nível de organização pretendido para equilibrar as composições do sistema, servindo de inspiração para o trabalho proposto (Figura 56). Contudo, os movimentos das máquinas criadas por Palatnik são substituídas pelos engenhos virtuais do novo sistema, dando mais liberdade às criaturas, que não são dotadas de comportamentos cíclicos como nos *Objetos Cinéticos*.

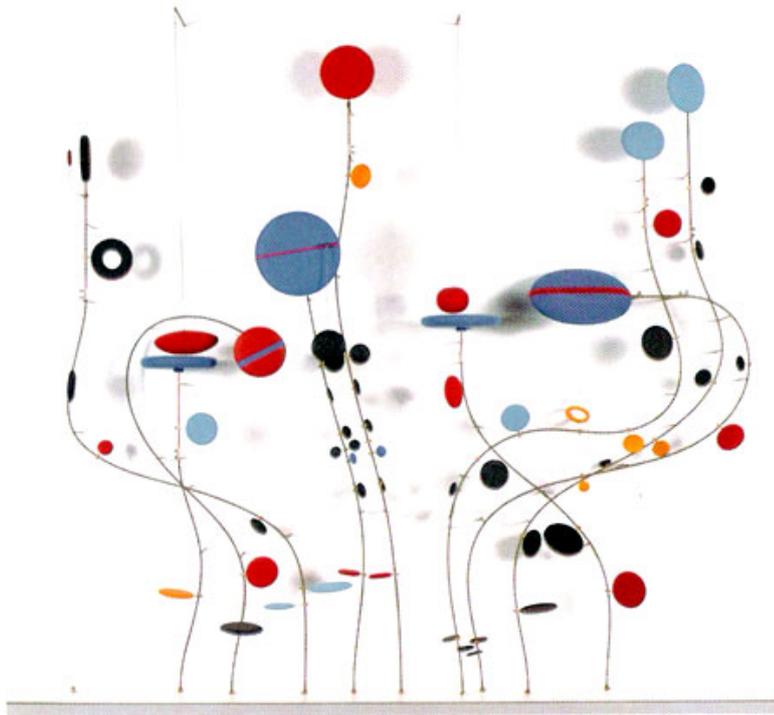


Figura 56: *Objetos Cinéticos* (1966), de Palatnik.

Ainda, o trabalho de Jenova Chen (2006) *Flow*, referenciado anteriormente pelo conceito homônimo, também possui uma série de características gráficas em comum com a Morfogênese, como a estética minimalista, movimentos de formas geométricas simples, ambiente aquático e que insinua uma visão microscópica (Figura 57). O jogo *Flow* foi elaborado como projeto prático da dissertação de Chen, no qual o conceito de *flow* é aplicado aos jogos em um sistema de ajuste de dificuldade dinâmico centrado no usuário.

Apesar das semelhanças, *Flow* foi concebido como um jogo e não como uma poética, tendo as suas características, como o balanceamento, citado anteriormente, ajustados para o entretenimento do jogador. Ainda, cabe ressaltar que, no presente trabalho, quando as primeiras criaturas e seus sistemas de locomoção foram concebidos, a obra de Chen ainda não havia sido consultada, sendo uma referência *a posteriori*, que talvez tenha influenciado a Morfogênese no sentido da Arte Computacional, se afastando do jogo tradicional e de um sistema de balanceamento e evolução planejados para o jogador.



Figura 57: jogo *Flow* (2006), de Jenova Chen.

Portanto, essas foram as inspirações iniciais que originaram a intenção da interface da Morfogênese para a estrutura de interação planejada. Conforme exposto anteriormente, para representar o universo fictício idealizado e construir o seu sistema, foi adotada a poética das batalhas celulares. A analogia sugerida diz respeito ao conflito dos fundamentos da linguagem visual: os pontos, linhas, formas, cores, tons, texturas, dimensões, escalas, movimentos, direções, espaços e proporções (DONDIS, 2000). Esses elementos são representados não somente como meros recursos utilizados na composição dos seres, mas com uma ênfase em suas formas geométricas primárias, cores e movimentos, que compõem as características principais da unidade celular, manifestada pelos agentes computacionais. Com isso, acredita-se que esses indivíduos representem as menores partes da linguagem visual de maneira simbólica, utilizados como elementos componentes dos seus arranjos dinâmicos.

Ainda, para criar uma representação de unidade sonora que pudesse compor o ambiente juntamente com os seres, os sons foram reduzidos também, consistindo em uma nota em um determinado instrumento por indivíduo. Assim, as paisagens sonoras (SCHAFER, 1994) foram projetadas para complementar o ambiente emergente e proporcionar uma maior imersão ao interator. Com isso,

composições dinâmicas são elaboradas de maneira contínua, gerando arranjos contrastantes e harmônicos.

A poética surgiu pela intenção original de obras abstratas que se auto-compõem continuamente. A ideia nasceu como um processo computacional que permitiria que uma imagem concreta fosse composta a partir de formas geométricas e relações matemáticas básicas. No entanto, a partir das influências dos artistas apresentados anteriormente, somados aos conceitos relacionados ao processo de vida e autopoiesis, muitas vezes ilustrado pelos organismos unicelulares, os agentes computacionais foram comparados às células. Assim, a sua interface foi sendo associada à estética pretendida, com elementos simples e geométricos, expostos a um vazio líquido ou etéreo, que parece vivo pelos seus movimentos. A sua complexidade visual e sonora deve emergir de sua adaptação, e ser representada pela sua disposição e movimento. Nesse sentido, espera-se atuar em um campo relevante da Arte nos dias atuais, propondo um processo de design de vida na fabricação de mundos sintéticos em laboratório, que usam parâmetros matemáticos, leis físicas e biológicas em estados emergentes de auto-organização (DOMINGUES, 2005). Assim, espera-se mostrar a realidade como ela poderia ser, e não como ela é, por meio de um processo de desenvolvimento factível, a emergência originada da evolução. Nesse sentido, a poética se alimenta da incógnita que rege o princípio de vir-a-ser do Universo, como propõe Domingues (2005), ampliando o campo sensível dos iteradores por meio do uso das tecnologias atuais (DOMINGUES, 2003).

A palavra *Morfogênese* tem origem grega e significa desenvolvimento da forma. O título é uma referência ao trabalho do matemático Alan Turing denominado *The Chemical Basis of Morphogenesis*, de 1952 (Figura 58). O autor é famoso pela quebra do código de criptografia alemão na Segunda Guerra e por propor um modelo teórico do que poderia ser um precursor do computador atual, a máquina de Turing. Ele também foi um dos primeiros autores a estudar a questão da emergência ao pesquisar a maneira como padrões complexos podem surgir seguindo-se regras simples, como o potencial latente em uma semente para gerar uma flor (TURING, 1952). O vínculo entre as obras está justamente na

relação de emergência pretendida, na qual a poética surge em composições complexas a partir das regras definidas em seu código fonte, como um sistema complexo adaptativo de agentes vivos.

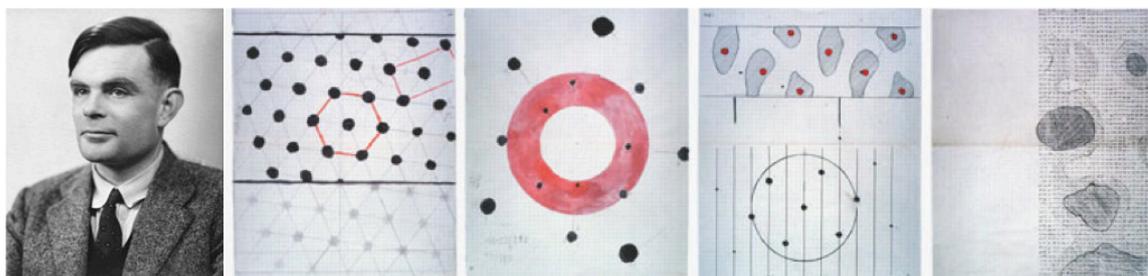


Figura 58: Turing e algumas ilustrações relacionadas a sua obra *The Chemical Basis of Morphogenesis* (1952), inspiração para o presente estudo.

Nesse sentido, aborda-se a Morfogênese como uma referência aos estudos sobre a origem das formas da vida que emergem na natureza, evitando-se o foco na construção dos algoritmos fractais constituintes de suas estruturas, como os trabalhos de Kawaguchi (1982), mas sugerindo a instância maior que molda esse processo, a evolução. Ainda, espera-se conseguir realizar um paralelo entre essas duas dimensões, tão distantes em escala de tempo: o processo evolutivo, com as suas transformações nos avatares da vida, e o papel da vida de um indivíduo, envolvendo suas decisões particulares. Por isso, o sistema não deve ser demasiadamente acelerado, a ponto de eliminar a possibilidade de visualização dos agentes e seus desdobramentos; nem tão lento, tornando a percepção da evolução uma inferência indireta, como já ocorre no mundo material.

Por isso, além do simbolismo utilizado para compor os agentes computacionais do sistema e sua interface, os seus comportamentos de interação são fundamentais para a expressão da poética proposta. Os seres simulam organismos vivos capazes de competir pela sua sobrevivência, concebendo novas gerações de indivíduos que carregam as suas características genéticas, gerando representações visuais e sonoras para os seus comportamentos. Assim,

existe a sugestão de que, em larga escala, em alguma dimensão macro não atingida pela Morfogênese, outras imagens estão sendo constituídas com o passar do tempo. Ainda, a visão no nível celular proporciona uma relação com as células das imagens, que se movem e interagem com outros agentes, compondo cenas de maneira auto-organizada, como um sistema vivo.

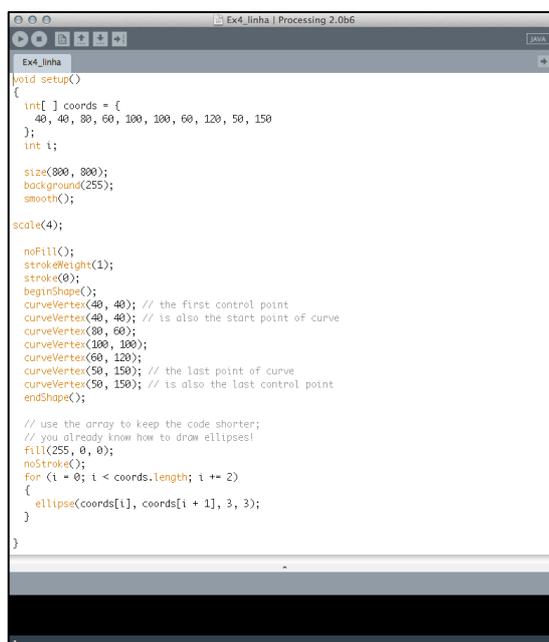
A partir da idealização do universo metafórico representado pela poética, inspirado no trabalho de outros artistas computacionais, vinculado à expressão do processo de vida e co-emergência, deu-se o início ao processo de desenvolvimento da aplicação que a constitui, guiada pelas técnicas de Computação Evolutiva apresentadas anteriormente. Seguindo o percurso de sua materialização, o método de criação e as tecnologias empregadas durante a concepção da poética são detalhadas a seguir.

2.4 Dando vida aos rabiscos

A presente seção se concentra em apresentar o processo de tangibilização da poética. Inicialmente, foram apresentadas as características de sua estrutura de interação, determinada a partir da dinâmica endógena e exógena do sistema; as possibilidades de expressão de seus processos computacionais por meio de seus arranjos, inspiradas nos trabalhos dos primeiros artistas computacionais; e as composições visuais que inspiraram a concepção da sua interface, construída como um reflexo dos agentes computacionais no ambiente. O presente tópico finaliza a seção apresentando o processo de desenvolvimento da poética, fundamentado pela discussão metodológica sobre Design de Interação da primeira seção (1.4). Portanto, para entender a poética enquanto sistema computacional designado, é necessário compreender o seu processo de estruturação e criação, evidenciando-se todas as suas particularidades e a maneira como influenciaram as decisões ao longo do caminho.

Para o seu desenvolvimento foi utilizado o *Processing* versão 2.0, uma

linguagem de programação com ambiente de desenvolvimento multiplataforma gratuita e de código aberto. Concebida originalmente por Ben Fry e Casey Reas em 2001 no MIT, ela é voltada para o ensino de fundamentos de programação com contextos visuais, mas acabou se tornando uma poderosa ferramenta de expressão visual para artistas e programadores em geral. O seu ambiente de desenvolvimento pode ser visto na Figura 59.

The image shows a screenshot of the Processing IDE window titled 'Ex4_linha | Processing 2.0b6'. The code editor contains the following Java code:

```
void setup()
{
  int[] coords = {
    40, 40, 80, 60, 100, 100, 120, 50, 150
  };
  int i;

  size(800, 800);
  background(255);
  smooth();

  scale(4);

  noFill();
  strokeWeight(1);
  stroke(0);
  beginShape();
  curveVertex(40, 40); // the first control point
  curveVertex(40, 40); // is also the start point of curve
  curveVertex(80, 60);
  curveVertex(100, 100);
  curveVertex(60, 120);
  curveVertex(50, 150); // the last point of curve
  curveVertex(50, 150); // is also the last control point
  endShape();

  // use the array to keep the code shorter;
  // you already know how to draw ellipses!
  fill(255, 0, 0);
  noStroke();
  for (i = 0; i < coords.length; i += 2)
  {
    ellipse(coords[i], coords[i + 1], 3, 3);
  }
}
```

Figura 59: janela do *Processing* ilustrando o código de exemplo para a criação de uma linha estática, similar a utilizada na Morfogênese.

O *Processing* pode ser compreendido como uma camada de abstração acima da linguagem de programação Java. Por isso, o código em Java pode ser escrito diretamente em sua interface e será interpretado corretamente. Ele oferece aos desenvolvedores recursos relacionados à representação visual, como o desenho de formas, cores ou animações, visando facilitar o processo de desenvolvimento por pessoas menos familiarizadas com a prática de programação. Para rodar o sistema, uma aplicação é compilada pelo *Processing* para rodar na Máquina Virtual Java de diversos sistemas operacionais, como o Mac OSX, o MS Windows ou o Linux. Os códigos podem também ser exportados

para Java Script para serem rodados em navegadores ou diretamente para o sistema operacional Android OS em um contexto de mobilidade.

É muito importante destacar que, no momento em que a Morfogênese foi iniciada, o autor não possuía qualquer contato com a linguagem de programação utilizada ou similar. O seu desenvolvimento se deu de maneira empírica, por meio de experimentações e ajustes, no qual a intenção era o guia para o aprendizado sobre o código, e o resultado visível na tela o ponto de partida para novas inquietações sobre as possibilidades gráficas e comportamento pretendidos, em um ciclo de imersão e produção criativa. Assim, da mesma maneira que um escultor explora pela primeira vez as possibilidades de um determinado material nunca antes utilizado, a poética foi experimentada por avaliações constantes dos seus resultados intermediários. Em determinados momentos, quando foi necessário um conhecimento técnico acerca da linguagem de programação utilizada, foram consultados os livros de Daniel Shiffman (2008; 2012) sobre como se escrever corretamente as funções, classes, listas, vetores, entre outras estruturas adotadas diretamente no *Processing*.

Nesse processo, as heurísticas de Representatividade e Disponibilidade (STERNBERG, 2000) foram utilizadas para relacionar os conceitos expressos na primeira seção aos comportamentos gerados para os agentes. Assim, foram concebidas as animações que permitem a inferência de vida aos agentes computacionais, buscando-se ilustrar o comportamento de unidades autopoieticas em interações endógenas desenhadas de maneira ascendente (*bottom-up*), demandando longos períodos de experimentação e testes de balanceamento.

O seu comportamento foi sempre programado em um nível restrito à postura dos agentes com os seus vizinhos, e os impactos dessas determinações só pôde ser avaliado a partir de diversas execuções de seu código em longos períodos de avaliação. Nesses momentos, os procedimentos realizados consistem nas heurísticas Meios-Fins e Gerar e Testar (STERNBERG, 2000), que consistem em uma análise constante das soluções propostas visando se aproximar da intenção projetada na narrativa de interação da poética, apresentada anteriormente. Nessas situações, muitas vezes as mudanças seguiram uma decisão explícita de

se criar um comportamento para o agente. Entretanto, também ocorreram momentos em que as técnicas de computação descobertas foram empregadas e os comportamentos gráficos foram observados *a posteriori*, avaliando-se as suas possibilidades de expressão dentro do contexto da poética, caracterizando o processo de projeto por desvelamento.

Portanto, a linguagem de programação foi empregada também de maneira poética, de acordo com a subjetividade do autor, deixando de lado qualquer relação com as práticas de programação existentes e as possibilidades de otimização do código que visam o melhor uso dos recursos computacionais disponíveis. Por exemplo, na concepção dos movimentos dos agentes, influenciados por variáveis contextuais, poderia ter sido utilizado um método comum de cálculos determinísticos por vetores, visando a redução de algumas linhas de código e facilitando a sua manutenção. No entanto, preferiu-se manter um código distinto para cada variável influenciadora, visando a realização dos ajustes individualmente durante o balanceamento do sistema. Esse processo é importante porque a natureza dos comportamentos dessas variáveis só foi definida depois da realização de muitos ajustes, que poderiam se tornar limitados caso os seus algoritmos fossem reduzidos à proposições de funções fixas, evocadas de maneira recorrente pelo sistema computacional.

Ainda, foram adotados processos que envolviam um estudo de soluções matemáticas para se resolver problemas específicos, como a percepção de um movimento orgânico e intencional do agente. Nesses casos, o objeto de experimentação foram os comportamentos de distribuição dos números calculados, representados posteriormente na tela por meio de animações, que foram avaliadas em termos de experiência estética do interator com o objetivo da sua representação biológica. Por isso, durante a manipulação do fluxo de números na tela, a representação do autor navegou pelas suas possíveis manifestações em termos de comportamentos celulares, vinculando conceitos de campos epistemológicos distintos. Dessa maneira, foram mescladas diferentes áreas do conhecimento, como a Arte, o Design, a Matemática, a Biologia, a Psicologia ou a Ciência da Computação, em um processo único, sem

fragmentação ou compartimentalização, no qual não foi possível dissociar ou categorizar a ação plenamente.

Por exemplo, as experimentações matemáticas, computacionais e artísticas, na maior parte das vezes, fizeram parte do mesmo processo, com soluções originadas pela mescla do conhecimento em si. Por isso, entende-se que o método de concepção da poética possui características consideradas transdisciplinares (NICOLESCU, 2001), evidenciando-se a importância de não haver a delegação de determinada etapa completa do trabalho para outro membro da equipe, sem o domínio concreto de sua interferência no sistema e na poética ou de suas possibilidades de aplicação. Contudo, cabe deixar claro que não se sugere que o artista trabalhe sozinho no processo de concepção de sua poética, sendo a sua obra o produto de gênio criativo individual. Adota-se a proposta de Arlindo Machado (1997) em suas reflexões sobre a Filosofia da Caixa Preta de Flusser (1985), na qual é necessário desconstruir as regras do interior da caixa preta que gera as imagens sintéticas, subvertendo continuamente a sua função, como um verdadeiro criador. Para tanto, é necessário o conhecimento científico acerca do funcionamento da máquina, adquirido pelo artista ou em processos de colaboração na concepção das poéticas. Assim, acredita-se que, no caso do presente trabalho, o conhecimento do autor sobre a linguagem de programação empregada, adquirido de maneira empírica ao longo do processo, alheio às práticas de programação vigentes, tenha propiciado a abordagem artística empregada no desenvolvimento do sistema Morfogênese.

Com relação à sequência de passos adotados para construir o sistema, primeiramente foi estudada a possibilidade de se criar uma linha que seria renderizada em constante movimento para o corpo do agente, visando avaliar o potencial da linguagem escolhida. Foram aplicadas formas geométricas ao seu corpo visando a sua individualização, e experimentados os movimentos e efeitos possíveis para que fosse sugerida uma personificação de um ser vivo. Em seguida, foram realizados estudos de geração aleatória de suas características, como tamanho e cores, visando criar seres diferentes a cada execução do código. Nesse momento, ao se descobrir as possibilidades de uso da linguagem orientada

a objetos e o uso das listas (*arrays*), foi possível reescrever o código para a criação do segundo indivíduo utilizando-se as mesmas regras, empregando-se *loops* para reduzir o tamanho do código e manter os comportamentos pretendidos.

Após o primeiro momento, concentrado na representação do agente, iniciaram-se as possibilidades de interações endógenas a partir de cálculos de colisão entre as criaturas. Foram definidos comportamentos de deslocamento para que os agentes se aproximassem ou repelisse de acordo com as suas situações específicas. Depois de algum tempo, o processo de acasalamento foi desenvolvido, focando-se na possibilidade de nascimento de um novo ser, gerado de forma automática pelo sistema. Todos os efeitos visuais decorrentes desse processo foram experimentados, buscando-se representações visuais e sonoras para a expressão afetiva dos agentes. Esse foi o momento mais demorado da concepção da Morfogênese, no qual os comportamentos e efeitos visuais e sonoros foram feitos e refeitos diversas vezes até que o objetivo de expressão do autor fosse satisfeito. Cada pequena modificação no comportamento dos agentes se transformava em um efeito acumulativo no sistema que, em grande parte das vezes, se desdobrava na morte de toda a população devido ao seu caráter acelerado, como previsto por Dawkins (1986). Por isso, a frequência das mutações e os cálculos de combinações genéticas nos cruzamentos foram dimensionados para permitir a seleção acumulada no sistema acelerado, em uma tentativa de promover ao interator uma pequena degustação da lógica do processo evolutivo na construção da complexidade efetiva (GALANTER, 2010) presente na natureza.

Depois disso, as possibilidades de inclusão de recursos interativos, como o uso de teclado, *joysticks*, telas de toque e câmeras, foram inseridos no sistema, multiplicando-se o tempo necessário para a avaliação dos desdobramentos possíveis sob sua influência. O seu processo de otimização continuou de maneira escalonada, despendendo-se cada vez mais tempo para mudanças menores nos resultados, até que a obra atingisse um ponto em que fosse passível de exposição ao interator como uma poética completa. Até a sua variante atual foram concebidas cerca de 215 versões da Morfogênese. A versão apresentada na

seção seguinte possui mais de 2.000 linhas de código.

Uma outra questão relevante é a maneira como o código será exibido no presente relato. Dentro do ambiente de desenvolvimento do *Processing*, são pré-definidas funções que são executadas apenas uma vez, denominada *setup()*, ou repetidamente a cada quadro, conhecida como *draw()*. Dessa maneira, uma estrutura hierárquica pode ser definida para que as ações sejam executadas no momento desejado, mas escritos de forma não-linear por meio de outras funções e classes. A descrição das características da Morfogênese, apresentadas a seguir, segue uma sequência de exibição didática, voltada para o assunto discutido, não para espelhar a arquitetura do seu código original, mas desmembrada em seus detalhes menores ou rearranjada, visando facilitar a sua compreensão.

SEÇÃO III

AS LEIS DA CRIAÇÃO

Essa seção descreve todas as leis que regem o universo da Morfogênese, os seus algoritmos e comportamentos programados. Eles são demonstrados em termos de intenções poéticas, com representações visuais, cinéticas ou sonoras, gerados a partir da manifestação de seus algoritmos. Ela é organizada em três partes com focos distintos: os agentes computacionais; as suas interações endógenas; e a macro dimensão do ambiente que os envolve. Para tanto, são descritas as características individuais de cada agente, como a linha de seu corpo e as formas de seus membros, as suas possibilidades de variações em termos de cores, formas, escalas, espessuras, movimentos e sons. Também é descrita a lógica aplicada ao seu deslocamento, conhecido como Movimento *Browniano*. É apresentada a maneira como o DNA foi empregado para registro e transmissão de informações genéticas às próximas gerações via cruzamentos, assim como as possibilidades de mutações que podem ocorrer nessas situações. Em seguida, é demonstrado o cálculo de colisão realizado, assim como a hierarquia de reações que compõem a sua Inteligência Artificial. Também são explicitados os comportamentos de briga, alimentação e acasalamento. O meio em que vivem as criaturas é descrito e, finalmente, são apresentadas as possibilidades de interações exógenas e configurações programadas para os seus interatores e artistas/pesquisadores.

3.1 Os agentes geométricos

Em última instância, entende-se que a poética é apenas uma representação de seus algoritmos, manifestada na expressão das regras de comportamentos pretendidos por meio de uma linguagem computacional. Portanto, é pela descrição dessas afirmações lógicas e cálculos que a visualização dos seus desdobramentos podem ser compreendidos. Conforme apresentado anteriormente, o conjunto dessas regras versa um sistema multiagentes em situação de sistema complexo. Seus agentes computacionais, as unidades autopoieticas, possuem os comportamentos programados que determinam todos os seus arranjos emergentes, com representações visuais, cinéticas e sonoras. Por isso, são apresentadas no presente tópico as características individuais de cada uma dessas unidades, de modo que a sua compreensão permita o entendimento da maneira como a poética é expressa. Optou-se por uma sequência de apresentação do sistema computacional em sentido ascendente, que parte do agente para os seus comportamentos coletivos, de uma maneira similar à sua abordagem de construção, descrita na seção anterior (2.4).

Cada indivíduo possui uma linha que constitui o seu corpo, que pode variar de tamanho e espessura. Nessa linha são inseridos os seus membros, as formas geométricas. Elas possuem cores de contorno, preenchimento e tamanhos variados. Os seus movimentos, deslocamentos e rotações também são diferenciados, ajudando a gerar uma identidade visual para os agentes. Além disso, um outro elemento importante para a imersão dos interatores na poética é o resultado sonoro das composições. Os seus ruídos também são individuais, com notas e timbres específicos. Todas essas características constituem o DNA de cada criatura, organizado em pares e utilizado posteriormente em processos de cruzamento.

Esse é o foco do presente tópico, a apresentação dos atributos dos agentes computacionais, denominados na poética de agentes geométricos. São abordadas todas as suas questões individuais, apresentando os procedimentos

de construção dos corpos e membros de cada unidade. Também é descrita a maneira como o deslocamento de cada ser ocorre, adotando um modelo probabilístico de ação, que é influenciada por outras variáveis contextuais, determinadas pela presença de outras criaturas. Os sons de cada indivíduo são descritos e explicados, assim como as variáveis que definem todas as suas características intraindividuais, armazenadas em um código que representa o seu DNA. Esses são os atributos individuais físicos e comportamentais dos agentes geométricos, que se auto-organizam para compor os arranjos da Morfogênese.

3.1.1 Primeiros traços

A experimentação acerca das características de cada indivíduo teve como ponto de partida os testes de movimentação de linhas simples, calculadas dinamicamente. Esses foram, literalmente, os primeiros traços esboçados do sistema. A linha foi proposta como estrutura principal do corpo das criaturas, no qual os seus membros, as formas geométricas, seriam alocados mais tarde. Essa estrutura constituinte dos agentes foi inspirada em uma possibilidade de composição simples, derivada de fundamentos de linguagem visual, conforme descrito nas seções anteriores.

Na poética, cada ser é composto por uma linha que varia entre 4 e 7 pontos randomicamente, definidos no momento de sua criação. A quantidade de pontos das linhas do corpo não podem ser alteradas ao longo da vida dos agentes. O tamanho da linha, em termos de pontos, não interfere diretamente na sua quantidade de vida inicial, sendo um elemento estético que pode gerar um benefício indireto, que pode ser favorecido ou eliminado por associação a outras características genéticas, apresentadas mais adiante. O tamanho da linha é transmitido aos seus descendentes, e pode ser utilizado como um recurso de sobrevivência em casos de aprisionamento de outros seres, descritos juntamente com o processo de colisão.

A linha calculada consiste em uma *Catmull-Rom spline*, ou seja, uma curva de interpolação que passa por todos os pontos de controle gerados, promovendo a concordância da curva em cada um deles, calculada por um *loop* que repete o processo para cada ponto do linha. O peso da linha também é gerado randomicamente, e pode variar entre 2 e 4 *pixels* de espessura.

Ao ser criado, cada ser é composto primeiramente pelos seus pontos de controle, gerados em uma área retangular que pode ter entre 50 e 200 *pixels*. Essa área é definida em uma posição aleatória de acordo com a resolução da tela, sempre até um limite de 100 *pixels* de distância das suas bordas. Um exemplo de composição dessa linha pode ser visualizado na Figura 60.

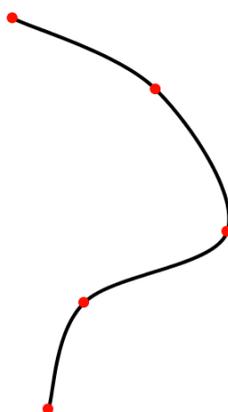


Figura 60: linha de cinco pontos calculada dinamicamente pelo código.

Entretanto, visando o desenho de linhas mais orgânicas e originais, foi elaborada uma maneira de diversificar a sua construção. Para isso, o número de pontos do corpo dos agentes não representa diretamente o número de pontos utilizados para desenhar as suas linhas. Até dois pontos do corpo das criaturas pode receber a mesma linha duas vezes, desenhando-se assim um laço. Contudo, foi necessário evitar as situações em que os indivíduos com 6 pontos, por exemplo, tivessem um corpo que utiliza apenas 3 deles. Para resolver o problema, foi criada uma função que ordena os pontos existentes do corpo dos agentes e

acrescenta números repetidos, caso ainda haja espaço disponível para a sua linha. Em seguida, a sequência de utilização dos números é embaralhada, fazendo com que o laço possa ser desenhado em pontos diversos. Não são permitidos laços em sua cabeça, dorso e também em sua cauda. Um exemplo do resultado visual obtido é ilustrado pela Figura 61.

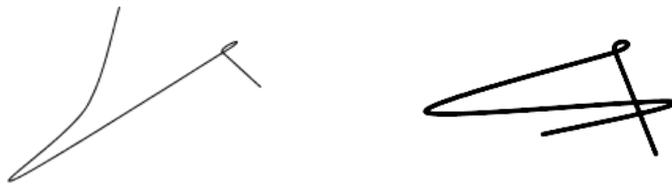


Figura 61: linhas que constituem o corpo dos agentes com um laço em sua formação.

Após definida a estrutura do corpo de cada criatura, formas geométricas são inseridas em alguns pontos de sua linha para se tornar os seus membros. Um quadrado, triângulo ou círculo, aleatoriamente, é atribuído ao primeiro, segundo e último ponto da linha. A forma do primeiro ponto é sugerida como a sua cabeça, e possui um tamanho inicial gerado randomicamente entre 5 e 50 *pixels* de largura e altura. A segunda forma gerada possui a metade do tamanho da primeira, e a última, a sua cauda, um quinto do tamanho da forma da cabeça. As formas geométricas selecionadas para cada posição são sorteadas de maneira independente. A partir dessas combinações, diferentes criaturas podem ser criadas, ilustradas pela Figura 62.



Figura 62: dois seres com diferentes formas geométricas em seus membros.

Para desenhar as formas geométricas no corpo dos agentes repetidas vezes ao longo da execução da Morfogênese, foi criada uma função com diversos argumentos de entrada, como a sua posição, tamanho ou tipo. Essa função é chamada toda vez que alguma forma é desenhada, como na construção de seus corpos, ou em aplicações detalhadas posteriormente, como a expressão de seus estados afetivos.

As formas geométricas possuem rotações em ângulos diferentes, também gerados aleatoriamente em sua situação inicial. Os parâmetros apresentados geram diferentes tamanhos e formas de criaturas, simulando a intenção do autor de um rabisco em papel, como ilustrado pela Figura 63. Como pode ser percebido, a sua disposição no espaço, apesar de orgânica, ainda possui uma organização caótica devido a sua quantidade de informação.

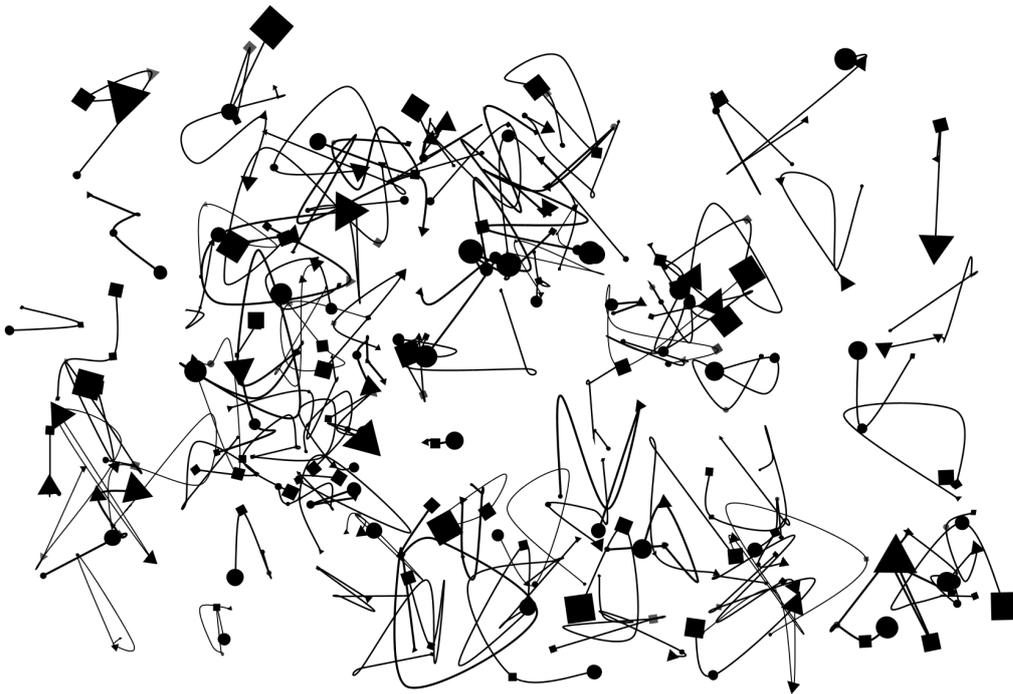


Figura 63: cena com cem criaturas geradas aleatoriamente, de acordo com os parâmetros apresentados, ilustrando a diversidade possível a partir desses parâmetros.

Em seguida, foram experimentadas as suas possibilidades cromáticas. Foi determinado que as cores da linha e das formas geométricas de cada criatura também deveriam variar. Foi utilizada uma variável diferente para cada parâmetro de cor RGB de cada ser (vermelho, verde e azul), que variam entre 0 e 255 cada, visando as possibilidades de experimentação livre durante o desenvolvimento do sistema. A cor final das linhas e formas são sempre resultantes dessas três variáveis.

O parâmetro *alpha* das cores, relacionado à opacidade da cor, também varia entre os indivíduos. O seu valor varia entre 50 e 250, sendo diretamente proporcional à quantidade de energia (ou vida) presente na criatura. Como o valor máximo da energia inicial de cada ser é 50, o valor do *alpha* corresponde ao quádruplo da sua energia, adicionando-se 50. Dessa maneira, os sujeitos com pouca energia (quase zero) possuem uma opacidade de pouco mais de 50, tornando-se ainda visível ao interator. Os seres que conseguem adquirir energia ao longo da vida e ficam com um valor muito alto, acima de 50 pontos,

permanecem com o valor máximo do seu *alpha*, tornando-se bem visíveis na tela. Seguem dois exemplos de variações de agentes computacionais a partir das modificações desses parâmetros nas Figuras 64 e 65.

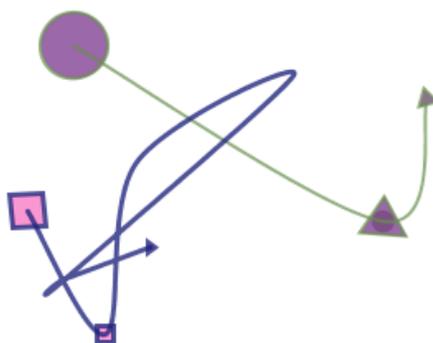


Figura 64: dois seres gerados aleatoriamente com diferentes cores.

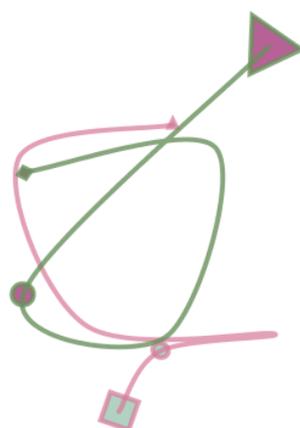


Figura 65: outro exemplo com dois seres gerados aleatoriamente com diferentes cores.

Ao ser criado, cada agente possui uma quantidade de energia inicial gerada aleatoriamente com um valor entre 30 e 50. Inicialmente, foi definido que, com o passar do tempo, essa energia seria perdida aos poucos na taxa de 0,001 pontos

por quadro. O sistema é composto a 30 quadros por segundo, portanto seriam perdidos 0,03 pontos de energia por segundo, ou seja, levariam cerca de 33 segundos para que um ponto de energia fosse perdido.

Atualmente, a perda de energia no sistema é influenciada por outros fatores, como o tamanho ou a velocidade do agente, vinculando-se esses recursos ao seu gasto energético, como uma noção de metabolismo. Ainda, outras características de balanço do sistema foram relacionadas ao seu gasto energético, como a sua idade ou a quantidade de indivíduos vivos na população, em uma alusão ao processo respiratório e o consumo de oxigênio. As características de balanço do sistema são apresentadas mais adiante. Portanto, o seu gasto de energia na versão atual da poética é dinâmico, e depende do contexto do ambiente do agente, assim como de suas características individuais.

Para não morrer, as criaturas devem se locomover pelo espaço da cena em busca de energia. Para conseguí-la, eles devem encontrar seus inimigos e matá-los para consumir o seu corpo sem vida. Caso o indivíduo não consiga adquirir mais energia e o seu valor se torne menor do que zero, ele morre. Inicia-se então o processo de decomposição de seu corpo, estado em que ainda pode ser consumido por seus inimigos vivos antes de ser absorvido completamente pelo meio. No momento em que o indivíduo morre e fica em estado de decomposição, ele continua visível na tela, mas em tons de cinza com o valor fixo em 100 para cada variável RGB que compõe a sua cor, sem a possibilidade de se movimentar ou de reproduzir o seu som, conforme ilustrado pela Figura 66.

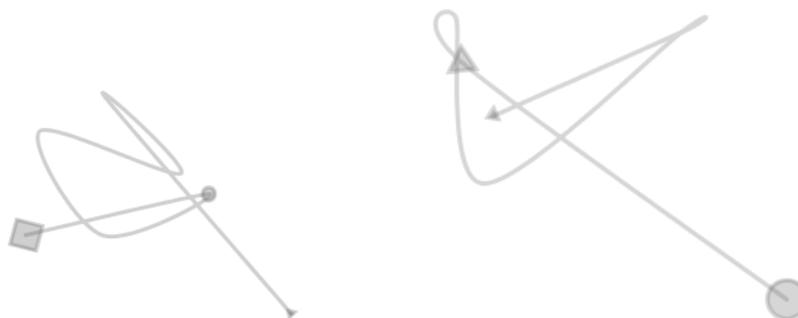


Figura 66: criaturas mortas em fase de decomposição.

Nessa situação, a sua energia diminui continuamente, até atingir o valor -10. A relação entre a energia e o *alpha* continua existindo em criaturas mortas, mas em uma outra proporção. Agora, como o valor da energia se tornou negativo, o seu valor é multiplicado por 10 e acrescido em 100, fazendo-o variar entre 100 e 0, tornando-se invisível no final do processo de decomposição. Ao se tornar invisível, o agente computacional é eliminado da poética, tendo a sua instância de classe completamente eliminada do sistema computacional. A seguir, são ilustrados exemplos de criaturas mortas em diferentes tempos de decomposição, que podem ser percebidos pela variação em sua opacidade (Figura 67).



Figura 67: indivíduos mortos em diferentes tempos de decomposição, ilustrados pelos seus distintos níveis de opacidade.

A velocidade com que o indivíduo morto perde opacidade também é diferente com relação aos seres vivos. Durante a sua decomposição, a sua taxa de redução é de 0,002 pontos de energia por quadro, o dobro da velocidade com relação ao sujeito vivo. Quando a energia se torna -10, o indivíduo morto se torna invisível, conforme descrito anteriormente, liberando-se a memória do computador novamente.

No presente tópico, foram apresentadas as características que definem visualmente cada agente, seu corpo, membros, cores e energia. Contudo, para tentar permanecer no ambiente e evitar a sua própria morte, uma série de comportamentos são programados em cada indivíduo, como a possibilidade de lutar, consumir a energia de seu inimigo ou cruzar com um parceiro para gerar uma nova geração de criaturas. Antes de estudar a maneira como esses comportamentos ocorrem, é importante compreender o modo como os seres se locomovem e a influência que o contexto tem em seu deslocamento.

3.1.2 Linhas que se movem

O movimento é uma das dimensões principais da poética. Ela cria a sensação de vida para o interator, gerando a dinamicidade pretendida para a sua interface. Por isso, consiste em uma questão central na determinação do sistema. Além disso, é a partir da lógica de deslocamento idealizada e implementada, que todas as decisões da Inteligência Artificial das criaturas é convertida em um comportamento, que influencia a composição gerada.

Por isso, o movimento de cada indivíduo é resultante de uma série de variáveis. Quando estão sozinhos, sem sofrer influência de nenhuma outra criatura, um movimento automático randômico de deslocamento ocorre. Ele é inspirado no Movimento *Browniano* proposto por Albert Einstein em 1905, que detalha o comportamento aleatório de desvio de direção de partículas suspensas em um fluido, seja ele líquido ou gasoso, resultado de suas colisões com as outras moléculas (ou átomos) presentes. Na poética, esse tipo de movimento consiste em um deslocamento ocorrido em uma direção aleatória a cada quadro. Ele faz com que as criaturas pareçam estar respirando e experimentando o espaço a sua volta, como se estivessem tremendo e se movendo lentamente em direções aleatórias.

Foram definidos dois cálculos para a realização do Movimento *Browniano*, um para a posição X e outro para a posição Y do indivíduo. O valor do deslocamento pode variar randomicamente entre -1 e 1 *pixel* em cada eixo. Assim, é possível que o deslocamento ocorra nos oito *pixels* adjacentes a sua atual posição (derivados da combinações possíveis entre os resultados de X e Y). O movimento é ilustrado pela Figura 68, a seguir.

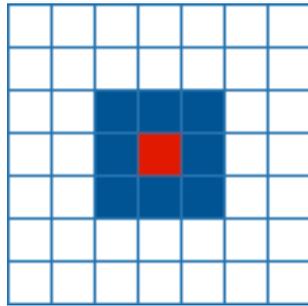


Figura 68: as oito casas em azul ilustram as possíveis posições a serem ocupadas pelo *pixel* central de acordo com o Movimento *Browniano* definido.

Cabe destacar que o movimento não ocorre somente nos números inteiros apresentados. Valores fracionados são o resultado mais comum, sendo -1 e 1 apenas os seus valores extremos.

Em outras versões da Morfogênese, esse sistema de deslocamento foi completamente substituído por uma versão equivalente, implementada a partir do emprego de vetores, conforme as instruções sugeridas por Shiffman (2012). No *Processing*, a classe *PVector* foi elaborada para favorecer o seu desenvolvimento e computações de colisões. Contudo, a automatização dos cálculos de inércia e a fluidez de suas transições modificaram drasticamente a sensação transmitida aos interatores. Nas versões em que os vetores foram aplicados, os movimentos das criaturas perderam a sua organicidade, assemelhando-se a robôs. A partir de diversos testes realizados, e da necessidade de se possuir os cálculos de colisões desmembrados para o processo de experimentação de construção da poética, os deslocamentos foram reescritos da maneira original, com cálculos duplicados para as coordenadas X e Y dos agentes.

Portanto, essa é a lógica de movimento básico automático de cada criatura na versão atual da poética. Ele ocorre sempre que os indivíduos estão sem sofrer influência de outros agentes. Contudo, quando outro indivíduo entra em seu raio de visão, outros cálculos de movimentos são acionados. O mecanismo de funcionamento desses outros movimentos estão relacionados à alteração da probabilidade de seu Movimento *Browniano* básico. Assim, outras variáveis influenciam a sua trajetória por meio da alteração dessa probabilidade, somando-

se aos extremos -1 e 1 as variáveis relacionadas, gerando uma direção resultante com maior probabilidade de ocorrer, de acordo com a Lei dos Grande Números da Estatística (MOORE, 2010), ou Teorema de Bernoulli (1713).

Por exemplo, quando o ser decide atacar e seguir para a direita, o valor de 0.5 pode ser adicionado aos extremos do valor randômico gerado para o ponto X, fazendo com que o número varie agora entre -0,5 e 1,5, aumentando a probabilidade de um número acima de zero surgir. Em consequência, o deslocamento resultante à longo prazo tende a ser à direita.

Contudo, como são diversas as variáveis que podem influenciar o movimento dos agentes, sendo que cada uma delas é calculada para cada criatura dentro do seu raio de visão, alguns ajustes foram necessários. Em contextos com mais de 200 indivíduos vivos, a inércia causada pelo cálculo arredondado em 0,5 para cada variável originou grandes movimentos de grupos em sentido diagonal, evidenciando o caráter cartesiano de sua mecânica. Por isso, um cálculo mais preciso, semelhante ao realizado automaticamente pelo uso de vetores, precisou ser implementado.

Para realizar o cálculo probabilístico com mais precisão, a influência nas coordenadas X e Y precisavam ser ponderadas de acordo com a distância das outras criaturas. Para tanto, foram empregadas técnicas de Trigonometria, como o uso do Círculo Trigonométrico (Figura 69), no qual os cálculos de seno e cosseno permitem a projeção do vetor em coordenadas a partir do cálculo do ângulo por uma tangente inversa, ou arco tangente.

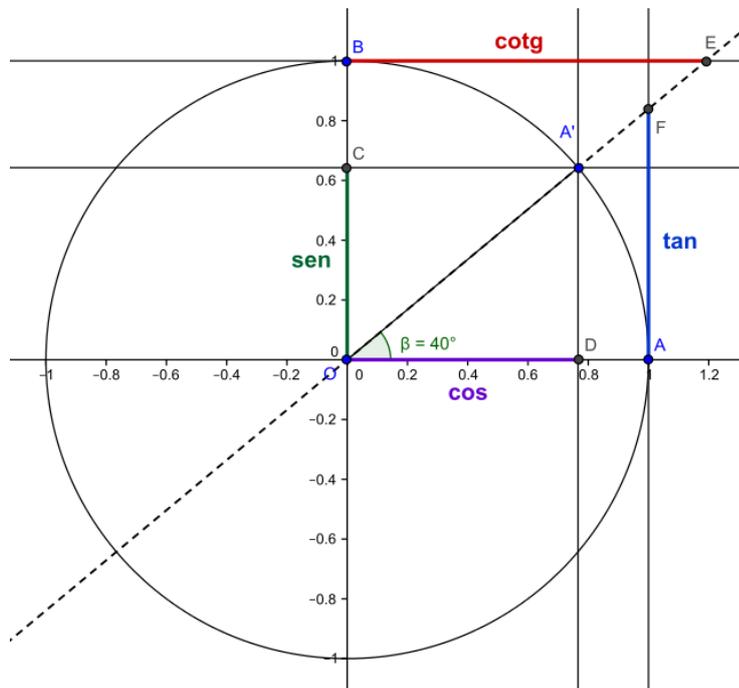


Figura 69: Círculo Trigonométrico, utilizado para o cálculo mais preciso de deslocamento dos agentes computacionais sob a influência de outras criaturas, retirado de <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:CirculoTrigonometrico.svg>>.

Assim, a partir do uso do cálculo trigonométrico, os efeitos de probabilidade no deslocamento permaneceram, apenas influenciando as coordenadas das criaturas de maneira ponderada, tornando-as mais precisas. Com isso, mesclou-se a técnica do uso de vetores ao movimento aleatório estabelecido, mantendo-se o seu desmembramento para permitir a experimentação de seus efeitos.

Conforme descrito, além de caçar outras criaturas, diversas possibilidades de comportamentos, detalhadas mais adiante, estão relacionadas ao seu movimento, como:

- Busca de uma carcaça que pode ser consumida;
- Fuga de um ser mais forte;
- Perseguição de um ser mais fraco;
- Aproximação de outra criatura visando o acasalamento;
- Permanência próxima aos semelhantes por proteção;

- Distanciamento de uma carcaça que causa repulsa;
- Outras interações possíveis, com uso de *mouse* ou câmeras; ou
- Busca livre para explorar o cenário, ocasionada pela sua inatividade.

Essas situações descritas influenciam o deslocamento dos agentes por meio de variáveis independentes, definidas nos eixos X e Y e iniciadas em valores iguais a zero. Todos esses fatores influenciam individualmente o valor aleatório a ser gerado para definir o movimento. Assim, todas as variáveis podem influenciar o movimento ao mesmo tempo, evitando-se que apenas o último código lido da lista de variáveis seja considerado. Assim, os valores de variáveis distintas podem influenciar o movimento ao mesmo tempo. Ainda, a mesma variável pode acumular o valor da colisão com diferentes agentes, intensificando-se os seus efeitos no contexto.

Existem dois pontos de controle nesse sistema. O primeiro limita a quantidade que uma variável específica pode acumular mais insumos em relação aos outros agentes, como, por exemplo, a variável que determina a fuga. Assim, todas essas diferentes influências individualmente possuem um ponto de saturação, fazendo com que a fuga simultânea de muitos inimigos não se sobreponha às outras possibilidades, mas também não faça a criatura se tornar superveloz.

O segundo ponto de controle limita o seu efeito total. Por isso, após o cálculo do valor resultante de todas as variáveis, como fuga, caça, *etc.*, caso o seu efeito seja muito intenso em uma direção específica, seu valor é moderado novamente. O funcionamento desses dois sistemas em conjunto permite um cálculo mais preciso no valor resultante das interações endógenas sem que seus efeitos se acumulem em situações peculiares, tornando o comportamento dos agentes muito acentuado.

Quando alguma dessas interações não está ocorrendo e influenciando o movimento, o valor da variável se torna igual a zero e não interfere na sua soma

final. Quando todas essas variáveis são zero, o movimento permanece como formulado originalmente, variando entre -1 e 1. Assim, todas essas variáveis que modificam a probabilidade do movimento tendem a retomar seu valor original quando o seu efeito causador deixa de existir. Isso é possível porque os valores são reduzidos aos poucos até atingir zero, criando uma espécie de efeito de inércia no movimento do indivíduo, eliminando sua influência gradualmente.

Essa função foi implementada no sistema de maneira mais abrangente para poder ser aplicada em contextos diferenciados, modificando-se apenas os seus argumentos de entrada. Nela, o valor atual de uma variável é acrescido de um número randômico, determinado por limites inferiores e superiores, somados e multiplicados por seus incrementos individualmente e em seu valor total, ilustrados pela Figura 70. Nela, a variável é representada genericamente pela letra A, o seus limites inferior e superior como LIMITE, e os seus fatores como B, C, D, E, F e G.

$$A = A + \text{random}(\text{LIMITE} * B + C, \text{LIMITE} * D + E) * F + G$$

Figura 70: função que determina um movimento randômico, utilizado para determinar a flutuação desejada para variáveis de deslocamento, tamanhos e ângulos na Morfogênese.

No caso específico do deslocamento dos agentes, o valor gerado aleatoriamente é multiplicado por uma variável relativa à sua velocidade intrínseca, permitindo que cada criatura possua uma velocidade diferente de movimentação, mesmo que sofra influência das mesmas variáveis em situações semelhantes, favorecendo a possibilidade de criação de uma identidade para cada agente. O valor de sua velocidade é determinado no momento de sua criação de maneira randômica, e pode variar entre 1 e 6. Portanto, as velocidades dos agentes podem ser bem distintas.

Essa mesma variável não influencia apenas o seu ponto principal, mas todos os pontos restantes de seu corpo. No entanto, essa influência ocorre em

intensidades diferentes para cada ponto. Quando mais distantes da cabeça, mais lento é o seu movimento. Esse comportamento é gerado de forma sintética para todos os pontos do corpo do indivíduo por um *loop* que inclui o seu incremento na relação de posicionamento estabelecida.

Assim, o deslocamento efetivo de cada agente é determinado exclusivamente pelo seu primeiro ponto, o centro de sua cabeça. Ela é a maior forma geométrica das criaturas, determinante da sua espécie, conforme detalhado anteriormente. O restante do movimento do seu corpo apenas acompanha o deslocamento inicial da cabeça, como se fosse arrastado pela linha.

Quando a cabeça dos agentes se desloca, ocorre o movimento dos seus outros pontos em uma espécie de atraso, dando a sensação de que existe uma deformação elástica em seu corpo. Esse processo de desaceleração é conhecido como *easing*. Nesse tipo de movimento, a posição de cada ponto é definida de acordo com a distância de seu destino, de maneira que, quanto mais perto estiver, mais lentamente deverá se deslocar, tornando o movimento mais orgânico visualmente. Esse cálculo é ilustrado pela equação da Figura 71, na qual A é a posição atual do objeto, B a sua posição final e n o valor que determina a sua velocidade de aproximação.

$$A = A + (B - A)/n$$

Figura 71: equação que determina um movimento de aproximação lento e desacelerado, denominado *easing*.

O cálculo de *easing* apresentado é amplamente utilizado na poética. Por isso, foi concebida uma função que pode ser evocada em diferentes momentos, empregada em diversos tipos de transformações, como as mudanças de cor do fundo ou a aproximação na cauda em grupos colaborativos. No caso abordado, esse efeito estica o corpo do indivíduo em deslocamento e o retrai quando o

movimento se encerra, ilustrado pela Figura 72.

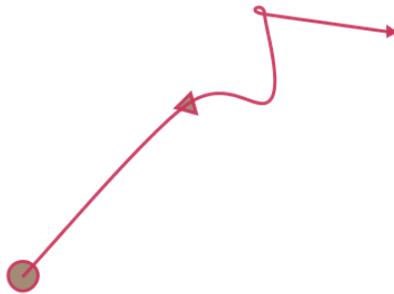


Figura 72: criatura com o corpo esticado devido ao deslocamento de sua cabeça e o *easing* que arrasta seu corpo.

Para que esse movimento ocorra, todas as coordenadas de destino de cada ponto de seu corpo devem ser definidas. Os pontos de destino foram concebidos visando manter uma certa identidade com relação à forma do rabisco original, determinado no momento da concepção de cada indivíduo. Essa identidade é caracterizada pelo registro inicial da posição de cada ponto em seu nascimento. Assim, para definir a coordenada de destino dos pontos do corpo dos sujeitos durante o movimento, foi projetada uma tendência em se manter as distâncias originais entre esses pontos e a sua cabeça.

Dessa maneira, cada indivíduo tende a manter um traço característico na linha que compõe seu corpo com o auxílio das variáveis de distância. Essas variáveis são definidas apenas no momento da concepção dos agentes e o seu valor é mantido ao longo de toda a sua vida. O valor dessa variável, utilizada no movimento de *easing*, descrito anteriormente, é programado por um *loop* que envolve todos os pontos dos agentes, gerado de acordo com o número de pontos que eles possuem.

Portanto, é mantida uma relação com o rabisco inicial gerado pelo corpo de

cada criatura, impedindo que ele se espalhe pela tela, mantendo a identidade do traço ao longo do tempo, mesmo depois do indivíduo já ter se deslocado por todas as direções e interagido com outros seres.

Para tanto, duas variáveis influenciam o movimento de *easing* apresentado. Elas são utilizadas para gerar individualidade aos movimentos dos agentes. A variável *easing* define a velocidade de aproximação com o ponto de destino, nesse caso a distância entre a cabeça e o ponto em movimento. Ela é acrescida ao incremento do *loop* ao quadrado, visando acentuar-se a sensação de peso causada pela cauda. Ela também é acrescida da segunda variável citada, que determina o quanto a desaceleração de cada ponto do corpo deve ser lenta. Assim, enquanto uma variável é responsável pela velocidade geral do movimento do corpo, a outra modifica a relação interna entre os seus pontos. Todos esses fatores contribuem para que haja uma individualização das criaturas em movimento na tela, sendo que agentes com comprimento de corpo semelhantes podem ter arrastos distintos.

Ainda, destaca-se que todos os pontos do corpo dos agentes também adotam o Movimento *Browniano* básico descrito anteriormente, mas sem a influência das outras variáveis de interações endógenas e exógenas apresentadas. Contudo, mesmo os movimentos aleatórios dos pontos do seu corpo são limitados pelas regras que estabelecem a sua proximidade e que determinam seu arrasto.

Uma outra característica importante, relacionada ao Movimento *Browniano*, é a sua influência na variação das cores e tamanhos dos indivíduos. Em diversas versões da Morfogênese, depois de criados com as cores aleatórias já descritas, cada variável do modo RGB podia oscilar dentro do movimento aleatório apresentado (entre -1 e 1). Dessa maneira, como cada criatura possui uma velocidade diferente, a transição das cores também ocorria em tempos distintos. Contudo, durante o seu processo de balanceamento, buscando-se uma atribuição de significado mais pertinente para as representações visuais da poética, foi determinado que as cores fossem fixas durante toda a vida das criaturas. Dessa maneira, elas podem ser compreendidas como parte de seu fenótipo, permitindo

uma avaliação de hereditariedade e parentesco aos arranjos observados. Mais informações sobre o processo de ajuste do sistema e das suas decisões relacionadas são discutidas mais adiante nessa seção.

Entretanto, o mesmo efeito de variação aleatória ocorre com relação à transformação dos tamanhos das formas geométricas. Elas são iniciadas em escalas aleatórias (dentro da faixa definida) e depois oscilam com relação ao tamanho de acordo com a velocidade automática do movimento. Contudo, essa dinâmica não é livre, pois o código possui também os limites para a sua variação. Isso ocorre porque, independente do seu valor inicial, não é desejável que uma forma cresça demais e ocupe toda a tela. Tampouco espera-se que essas formas desapareçam por serem muito pequenas. Para realizar esse tipo de cálculo foi criada uma função responsável por limitar a flutuação de algumas variáveis. Essa função é evocada em situações bem distintas no código da Morfogênese, como nas determinação de seus deslocamentos, da variação de tamanhos, ângulos, entre outras possibilidades.

Essas tendências aleatórias que acompanham o movimento também são influenciadas pela interação direta entre as criaturas. Essa interação e seus efeitos são detalhadas mais adiante. No entanto, com relação ao tamanho de suas formas geométricas especificamente, foi elaborada uma solução diferenciada. Cada agente possui uma propriedade de contração, que personaliza as suas possibilidades de expansão e contração, adotando-se limites individuais para cada agente.

Outro elemento influenciado pela velocidade de cada criatura é a variação do ângulo de rotação das suas três formas geométricas. Seu ângulo inicial é definido de maneira aleatória, e continua se movimentando de acordo com o movimento dos agentes, seguindo a lógica do Movimento *Browniano* de seu deslocamento (entre -1 e 1), aplicada ao seu ângulo. Dessa maneira, as formas não giram livremente, mas alternam nos sentidos horários e anti-horários de maneira randômica. Seres em situações específicas, como alterados por uma briga recente, por exemplo, possuem a sua velocidade automática transtornada, fazendo com que a rotação se torne mais explícita.

Destaca-se que a relação descrita é resultado de ajustes de experimentação visual, que ocorreram até que os movimentos pudessem ser diferenciados em seu balanceamento, evitando-se a presença de extremos muito lentos ou rápidos demais, com diferenças perceptíveis visualmente entre as criaturas.

Somando-se as características gráficas, em termos de cores e formas, às rotações, escalonamentos e deslocamentos dos seres, é possível que o interator comece a projetar a organicidade pretendida ao ser vivo artificialmente. No entanto, além das características gráficas e de movimentação apresentadas, um outro elemento essencial para a apreciação estética pretendida é o efeito sonoro causado pelos agentes em conjunto. Esse tópico é abordado a seguir.

3.1.3 Formas coaxantes

Além do seu desdobramento ao longo do tempo, evidenciado pelo movimento de cada ser, um outro fator importante para a experiência estética pretendida é a sua dimensão sonora. Os sons produzidos acompanham a experiência visual, com momentos de contrastes e outros considerados mais harmônicos. Para isso, cada indivíduo produz um som próprio, definido no momento de sua criação. Um timbre de instrumento e uma nota musical são atribuídos aos agentes, que reproduzem o som a uma certa frequência, criando uma sinfonia de notas e instrumentos aleatórios.

Para reproduzir os sons, foi utilizado Java Sound API (`javax.sound.midi`) que sintetiza uma série de instrumentos, como cordas, sopro ou percussão em 18 oitavas diferentes. Ao todo, no computador utilizado para o desenvolvimento do código, são suportados 366 instrumentos, divididos em 4 bancos de dados distintos. Na Morfogênese foram utilizadas todas as oitavas disponíveis e nos 4 bancos de dados disponibilizados pelo Java Sound API.

Optou-se que o ruído seria emitido poucas vezes por cada indivíduo, visando

a possibilidade de percepção dos sons individualmente pelo interator. Inicialmente, foi definido que a cada quadro uma probabilidade de ocorrência de um evento deveria determinar a reprodução de seu som. A sua probabilidade de sorteio era de 0,005% vezes a velocidade intrínseca de cada ser (varia entre 1 e 6). Entretanto, visando a construção da complexidade efetiva também na dimensão acústica da poética, foi buscada uma maneira de se determinar um ritmo para a sua reprodução, visando a possibilidade de algum alinhamento com o passar do tempo.

Para manter o seu caráter aleatório, e ainda assim sugerir um ritmo, foi proposta a regra de que, a cada vez que a contagem de quadros da poética for inteiramente divisível pelo seu ritmo, o som tem um quarto de chance de ser reproduzido. O ritmo é uma característica intrínseca de cada agente, e é derivada de sua composição genética diretamente, sendo construída pela razão entre o tamanho das criaturas e a sua velocidade. Portanto, quanto maior for o tamanho da área ocupada pelo agente, menos frequentes são os seus sons, e quanto maior for a sua velocidade interna, mais rapidamente eles são reproduzidos.

Dessa forma, a frequência de emissão de sons varia entre os indivíduos, reforçando sua originalidade. Cabe destacar que esse sorteio é realizado trinta vezes para cada sujeito a cada segundo (taxa de quadros por segundo), gerando-se muitos sons quando considerados todos os sujeitos vivos do ambiente. Ainda, diversas situações contextuais podem forçar a criatura a emitir seu som, como uma briga ou reprodução. Ainda assim, a mudança permitiu a percepção de composições que também representam a variabilidade genética das criaturas, em seu timbre, nota e também em seu ritmo.

No momento em que a condição do evento retorna positiva, o som é emitido. Nesse instante, uma elipse aparece no último ponto do indivíduo junto com o som, como um sinal visual que indica a origem da forma coaxante, ilustrado pela Figura 73.



Figura 73: criatura sem e com o destaque em seu último ponto, ilustrando visualmente o momento em que o seu som é reproduzido.

Em outras versões da Morfogênese esses sons eram mutáveis ao longo da vida dos sujeitos, sendo modificados durante o contato com os grupos de criaturas semelhantes ou em situações de submissão. Ao longo de seus ajustes, pelas mesmas questões relacionadas às suas cores, os ruídos das criaturas se tornou fixo, como uma consequência de seu fenótipo. Assim, a variação livre da reprodução das notas foi substituída por uma pequena probabilidade, proporcional ao seu metabolismo, de modificar a sua nota a cada quadro, dentro de uma faixa pré-estabelecida de duas oitavas. Dessa maneira, cada criatura reproduz apenas variações sequenciais de notas próximas ao valor fixo em seu DNA, mantendo-se os seus instrumentos estáticos por toda a sua vida. Por isso, na versão atual da poética, a transformação dos arranjos de suas composições deve ocorrer por meio da transformação das vidas presentes, com o nascimento e morte de seus agentes, representando a evolução das espécies.

Nessas versões antigas, em contexto de formação de grupos, uma das maneiras em que os agentes compartilhavam seus sons, os indivíduos podiam formar um conjunto que mantinha uma certa identidade formal. Para tanto, no

momento do contato entre as criaturas, a nota musical, o instrumento utilizado e o banco de dados que armazena os conjuntos de instrumentos eram alinhados, de forma que o grupo podia reproduzir sons semelhantes. Contudo, o valor das notas e instrumentos não se tornava exatamente o mesmo dos seus semelhantes, ficando sempre uma nota (ou instrumento) mais alta ou mais baixa do que a do seu par. Isso permitia a emissão de sons próximos, mas menos repetitivos, criando escalas e acordes aleatórios, gerando um efeito similar ao das cores nesses contextos.

Contudo, a eliminação dessa possibilidade de troca não extinguiu a harmonia das composições do sistema. A possibilidade de recombinar o par de DNA dos pais no momento dos cruzamentos imprimiu a dimensão de diversidade genética automaticamente na poética. Assim, os sons não são mais definidos por médias de variáveis contínuas, mas como uma soma de variáveis categóricas, que podem ser recombinadas em cruzamentos. Desse modo, as variáveis contínuas, como a nota musical de um agente, são atribuídas à cada par de seus genes, que são somados para determinar a sua nota final.

Desse ponto em diante, esses valores se tornam fixos, não mais sofrendo operações matemáticas. Ao se dividir o par para combiná-lo com o de um parceiro em caso de cruzamento, as possibilidades de resultados garantem uma harmonia alinhada à estética da natureza, se assemelhando à solução adotada para as cores. Ainda, uma outra possibilidade de inserção de variabilidade genética existe na Morfogênese, a possibilidade de um gene musical sofrer mutação.

Os resultados em termos de sons coletivos são retomados mais adiante, juntamente com o detalhamento das suas composições. É importante destacar que eles criam uma ecologia acústica, também denominada paisagem sonora (SCHAFER, 1994), que são reflexos das situações dinâmicas percebidas visualmente na Morfogênese, e que potencializam a imersão do interator em seus momentos de tensão ou calma.

As variáveis relativas ao som, rotação, tamanho, cores e formas geométricas possuem seus parâmetros iniciais definidos no momento de nascimento de cada

criatura. O processo de nascimento dos indivíduos e o registro de suas características em uma sequência de DNA são descritos a seguir.

3.1.4 Nasce uma vida artificial

Foram apresentadas as características que definem cada agente computacional em termos de aparência, movimento e som, constituindo o seu fenótipo. Esses atributos são muito importantes para que haja um certo grau de individualidade atribuído às criaturas. Essas mesmas propriedades são utilizadas para gerar identidade entre dois ou mais indivíduos em casos de descendência, detalhados mais adiante. Contudo, para que cada sujeito seja concebido e renderizado contendo todas as suas características, essas variáveis precisam ser registradas e utilizadas nas regras de sua construção, como um código de DNA, constituindo o seu genótipo.

A Morfogênese é inspirada no funcionamento da vida pelas suas regras biológicas e ecológicas. Por isso, a relação de construção de um corpo que emerge de informações digitais foi apropriada da natureza e transposta para a poética. O que nem sempre é evidente para todos, é que o nosso mundo biológico também é produto de uma tecnologia digital. Os genes são informações digitais. Entretanto, diferentemente dos computadores, em vez de utilizar variáveis dicotômicas (0 ou 1) para o seu registro, somos compostos de quatro possibilidades (ATCG), combinadas em pares, aumentando seu potencial de armazenamento.

Para desenhar o corpo, a sequência de DNA é composta de trechos enormes de informação, capaz de ditar todas as suas características. Contudo, essa informação não é utilizada toda de uma só vez. O conteúdo das células seleciona a parte do DNA a ser empregada a partir da composição da solução interna de suas células, criando estruturas tridimensionais que permitem a criação de proteínas específicas, determinantes do conteúdo das células e,

consequentemente, da sua função. Isso é possível porque as células que se dividem não são necessariamente iguais, elas podem ser polarizadas em termos de organização interna. Assim são criados os órgãos, tecidos, membros e todo o corpo dos seres vivos. Esse processo permite que as espécies evoluam e se modifiquem por meio de pequenas mutações ocorridas ao longo do tempo, de acordo com o processo de seleção acumulada. Assim, os conteúdos armazenados nos DNAs podem ser empregados em momentos distintos da evolução. Atualmente, utilizamos cerca de 1% da informação digital armazenada em nosso DNA.

Para o sistema computacional projetado, tamanha camada de emergência se torna um problema. Para conseguir espelhar a dimensão do DNA, a quantidade de informação que deveria ser utilizada para se conceber uma criatura deveria ser milhares de vezes maior do que todo o código da Morfogênese. Por isso, a poética proposta contém uma definição limitada de atributos possíveis, todos já expressos em uma camada de abstração distante do seu formato binário. Apesar de não parecer uma informação relevante, é exatamente essa característica que faz com que as camadas de emergência em sistemas artificiais sejam limitadas. Ainda assim, pretende-se ilustrar pelo menos alguns de seus extratos a partir da poética concebida.

Tendo como ponto de partida o lançamento da aplicação, quando o código da Morfogênese é lido pela primeira vez, um número determinado de indivíduos é gerado automaticamente. Esse número é definido por uma constante manualmente antes de seu lançamento. A partir desse momento, as novas criaturas devem ser geradas pelo cruzamento de pares semelhantes. Os cruzamentos podem ocorrer até o limite máximo de indivíduos permitidos. O limite foi concebido visando não sobrecarregar o sistema pelo excesso de processamento, e é determinado manualmente por outra constante, atualmente definido como valor 400. Os últimos ajustes de balanceamento do sistema fazem com que esse limite nunca seja atingido, devido ao seu auto-ajuste, que tende a manter o número de agentes vivos por volta de 120.

Durante o nascimento, todas as variáveis apresentadas, relativas às

características visuais e de movimentação dos agentes, são definidas. Para gerar os indivíduos, uma classe foi programada, de maneira que todas essas variáveis são seus parâmetros de entrada, definindo assim as suas características. Ao todo, 46 variáveis são utilizadas para personalizar cada ser indivíduo gerado por essa classe, combinadas em 23 pares que determinam todos os seus atributos. São eles:

- Posição inicial do indivíduo no eixo X;
- Posição inicial do indivíduo no eixo Y;
- Tipo de forma geométrica da cabeça do indivíduo;
- Tipo de forma geométrica do dorso do indivíduo;
- Tipo de forma geométrica da cauda do indivíduo;
- Velocidade intrínseca de movimentação;
- Valor do *easing* do indivíduo;
- Valor de aceleração do *easing* entre os pontos internos do seu corpo;
- Tamanho da área retangular que define a distância entre seus pontos;
- Número de pontos do corpo do indivíduo;
- Espessura da linha do corpo do indivíduo;
- Vermelho do RGB da cor da linha;
- Verde do RGB da cor da linha;
- Azul do RGB da cor da linha;
- Vermelho do RGB da cor das formas geométricas;
- Verde do RGB da cor das formas geométricas;
- Azul do RGB da cor das formas geométricas;
- Tamanho da forma geométrica da cabeça do indivíduo;
- Instrumento que define o timbre do som;

- Nota que o indivíduo reproduz;
- Energia inicial do indivíduo;
- Ponto de maturação do indivíduo visando o acasalamento;
- Potencial de retração de suas formas geométricas;

Todas as variáveis relacionadas à aparência e movimentação apresentadas, definidas aleatoriamente no momento da criação dos agentes, são organizadas antes do momento da sua concepção em duas listas, como um código de DNA. A utilização das listas permite uma série de possibilidades quando um novo ser é gerado, como a escolha de uma característica específica para o indivíduo: a sua forma principal, o seu número de pontos, quantidade de vida, cores, tamanho, entre outras. Esse recurso pode ser utilizado em situações particulares, como na especificação do tipo de indivíduo que deve nascer em cada cruzamento.

Isso permite, por exemplo, que a origem dos indivíduos seja uma outra fonte de dados, como sinais de rede de artefatos portáteis, sensores diversos captados via Arduino, dados de geolocalização ou qualquer outro fluxo de dados, tornando a poética mais do que a possibilidade emergente de um sistema aleatório, mas como um reflexo, um desdobramento, uma nova visão acerca de outros contextos, obras ou interações. A maneira específica como cada nova fonte de dados influencia as variáveis do DNA dos sujeitos, como um genótipo de cada criatura e, por consequência, determina os fenótipos de cada indivíduo, pode ser responsável pelas variações que emergem em nível macro na dinâmica de interação interna entre os agentes. Isso permite uma série de releituras da poética, vinculando-a a significados distintos. De forma geral, essas listas de atributos são empregadas para se conceber as vidas artificiais em tempo de execução, a partir de cruzamentos entre criaturas dentro do sistema.

Além das variáveis apresentadas, outras características são utilizadas na composição de cada indivíduo. Entretanto, essas outras variáveis são definidas a partir das informações contidas no DNA de maneira automática, interna ao sujeito.

São exemplos dessas variáveis as posições dos pontos de cada criatura, as suas distâncias com relação aos pontos de sua cabeça, o seu nível de maturidade inicial, o seu ritmo, entre outras. Essas variáveis e suas regras de criação são descritas de acordo com seus contextos de apresentação.

Considerando-se o conjunto de regras relatadas, cada indivíduo é composto e inserido no ambiente. A partir desse momento, todas as suas decisões são derivadas da sua relação com o meio que o envolve. Para que ele consiga interagir com o meio, foram criados processos de identificação de outros agentes, denominados como processos de detecção de colisão, pois consistem no cálculo matemático da interseção de formas geométricas mais simples. Esse processo, essencial para a ocorrência das interações endógenas, é apresentado a seguir.

3.2. Formas interativas

As soluções concebidas para determinar as regras de sobrevivência e permanência das criaturas no ambiente são voltadas para a suas relações com os agentes à sua volta. Essa é uma solução inspirada na proposta de Conway em seu *Game of Life* (GARDNER, 1970), que definiu as regras de sobrevivência para os seus autômatos celulares com base em uma probabilidade gerada pela composição do seu ambiente. Nesse caso, foi elaborada uma grade que determinava a posição exata de cada vida e permitia o cálculo de posicionamento de seus vizinhos, determinando a sua sobrevivência ou morte. Assim, todas as situações possíveis das vidas artificiais se tornam desdobramentos das situações iniciais de suas configurações.

Entretanto, na concepção da poética Morfogênese, pretendeu-se que esse resultado fosse influenciado por uma decisão e ação das próprias vidas artificiais, como agentes computacionais que fossem capazes de avaliar o ambiente e disputar a sua sobrevivência. Mais do que isso, que cada indivíduo deve ser

dotado de uma pré-disposição a um tipo determinado de ação, semelhante ao nosso nível atitudinal em comparação ao comportamental.

No entanto, para que tudo isso seja possível, o primeiro passo necessário é fazer com que as criaturas consigam se identificar, transformando a grade de probabilidades de Conway na própria tela de *pixels* do computador. A maneira como esse cálculo é realizado, os diferentes perfis de resposta dos agentes e os desdobramentos consequentes dessas decisões são abordados nesse tópico.

3.2.1 Quando as formas colidem

Uma questão fundamental, determinante para a concepção da poética, é a interação entre as criaturas, os seus agentes geométricos. Sem ela, não há como elaborar os comportamentos pretendidos, incluindo a mescla de características genéticas durante os cruzamentos, as brigas, fugas, caçadas e grupos.

Para que a interação ocorra, é necessário primeiro que os agentes consigam detectar uns aos outros de alguma maneira. Esse processo é conhecido como detecção de colisão, ou seja, o acionamento de um determinado comando a partir da interseção das formas. Geralmente são utilizados retângulos invisíveis para o cálculo de colisão de elementos orgânicos mais complexos, conhecidos como volume envolvente ou *bounding box*. Na Morfogênese, foram utilizados círculos para a realização desse cálculo, devido à facilidade de uso da sua variável de diâmetro, independente da forma geométrica de sua cabeça.

A colisão entre dois indivíduos ocorre dentro de um laço (*loop*), que inicia a partir do valor da posição do agente em uma lista (*arrayList*) até o seu tamanho total. Esse processo consiste em uma sequência de condições que avaliam, a cada quadro, a interseção entre as suas cabeças. Como o cálculo é longo e exige um processamento grande do computador dependendo do número de criaturas no ambiente, foram evitados os cálculos duplicados e os erros de comportamentos

consequentes. Assim, cada agente somente verifica a distância dele mesmo com os outros inseridos depois dele na lista. Dessa maneira, a checagem da distância é feita apenas uma vez entre dois indivíduos no sistema, economizando recursos de processamento e evitando erros com cálculos duplicados.

No entanto, como a colisão entre dois indivíduos quaisquer, identificados por exemplo como A e o B, ocorre apenas uma vez (calculada a partir do indivíduo A apenas) todos os cálculos e comportamentos derivados dessa colisão, sob a perspectiva do indivíduo B inclusive, devem ser contempladas no mesmo momento. Por isso, na definição da hierarquia de comportamentos possíveis para cada condição testada, devem ser definidos os comportamentos do indivíduo A e também do B. Essa característica do código é evidenciada mais adiante, na apresentação da estrutura hierárquica de condições que definem os comportamentos possíveis para cada criatura.

Todo o processo de colisão é calculado a partir do primeiro ponto de cada indivíduo, o mesmo ponto onde é desenhada a forma geométrica de sua cabeça. A colisão em si consiste em uma condição que avalia a distância entre esses pontos. Para isso, uma variável calcula a reta que liga os centros das cabeças dos agentes em que a colisão está sendo verificada. As Figuras 74 e 75 ilustram a reta calculada pela variável. A reta não é visível na interface da Morfogênese, sendo apenas utilizada para os testes de colisões. A sua cor indica qual dos dois indivíduos está realizando o cálculo.

Ao se adotar as práticas corretas de programação, sabe-se que esse cálculo não deve ser realizado por um agente, mas por funções externas a ele. A partir das colisões ocorridas, os seus estados são transferidos para o agente, que deve responder de acordo com a situação específica. Na versão atual do sistema, esse procedimento permanece, pois foi mais simples durante as fases de experimentação dos desdobramentos ocorridos pelas colisões. Em versões futuras do código, a serem disponibilizadas para a comunidade, esses detalhes provavelmente serão corrigidos.

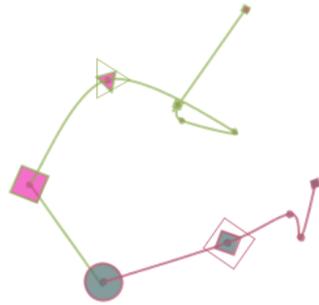


Figura 74: cálculo de colisão realizado, no qual a linha que une as cabeças dos agentes é meramente ilustrativa e representa o resultado visual armazenado nas variáveis.

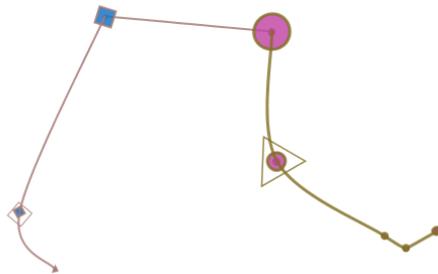


Figura 75: outro exemplo do cálculo de colisão realizado, no qual a linha que une as cabeças dos agentes é meramente ilustrativa e representa o resultado visual armazenado nas variáveis.

Como a colisão deve ser visualizada pelos interatores, dando a sensação de que as formas possuem algum volume físico, elas não devem se sobrepor o tempo todo. Para tanto, a distância ilustrada pela linha nas figuras deve coincidir com o desenho de suas cabeças no momento de um toque direto. Porém, as formas geométricas e os seus tamanhos variam entre os indivíduos, sendo

necessário um cálculo dinâmico. Por isso, a maneira de computar a distância em que as formas entram em intersecção, mesmo que tenham tamanhos diferentes, deve ser a partir de seu diâmetro. Apesar do diâmetro estar formalmente relacionado aos círculos, a mesma variável é utilizada no desenho dos quadrados e triângulos, definindo assim as áreas de colisão de maneira homogênea.

Para que a colisão seja detectada quando as linhas delimitadoras das formas geométricas se toquem, a condição é que a distância entre os pontos centrais das cabeças dos indivíduos seja menor do que a soma dos seus raios (soma dos diâmetros divididos por dois). Caso o teste da situação retorne positivo, diferentes respostas podem surgir, a depender da combinação das formas das criaturas que colidem, do fato de estarem vivas ou alguma delas estar morta ou de estarem maduras para o acasalamento.

Na verdade, outros comportamentos de interação também ocorrem antes da sobreposição visual das formas, fazendo com que alguns agentes sejam capazes de reagir à presença de outros, como fugir ou caçar um inimigo. Todas essas interações ocorrem por meio de testes de colisões, detectadas em diferentes momentos, com distintas distâncias entre os agentes. Assim, uma outra verificação ocorre para testar a condição em que a distância entre as formas seja maior do que a soma dos seus raios e menor do que a soma de seus diâmetros vezes quatro. A distância máxima foi determinada a partir de experimentações visuais dos seus comportamentos coletivos.

A depender da distância entre as formas, uma série de condições são verificadas para determinar as suas ações. Para estabelecer a relação entre as situações dos agentes e as suas respostas, foi implementada uma estrutura inspirada no funcionamento da Máquina de Estados Finitos, descrita anteriormente (1.2). Sabe-se que a sua implementação também não seguiu rigidamente as práticas de programação correntes, pois a máquina é consultada em cada teste entre pares de agentes, gerando seus efeitos cumulativos de uma maneira distinta. Ainda assim, foram considerados testes específicos da situação atual dos agentes que determinam seus estados, utilizados para estabelecer os seus comportamentos em contextos diferentes. São consideradas, portanto, três

níveis de distância entre as formas, que podem se tocar, estar dentro de seu raio de visão ou fora dele. Ainda, diversas outras variáveis são testadas para a determinação de seus estados, como o tipo de forma geométrica dos agentes, a quantidade de energia que possuem, o fato de estarem vivos ou mortos, o seu nível de maturidade, entre outras. As combinações entre as variáveis descritas geram os seus estados, que podem ser, por exemplo, deslocamentos de fuga, caça, fome, colaboração, cio, ou estados de contato direto, como alimentação, briga ou cruzamento.

Assim, quando duas criaturas com formas distintas se avistam à distância, a que possui o maior número de energia, considerada mais forte, tende a caçar a mais fraca. Por sua vez, a criatura mais fraca foge para não ser capturada. Ao se tocarem, o processo de briga ocorre, na qual ambas as criaturas perdem pontos de energia. Quando uma delas morre, a outra é atraída pela sua carcaça para se alimentar da energia de seu corpo.

Quando duas criaturas da mesma forma se avistam à distância, elas podem se ignorar, se afastar para explorar o ambiente, se aproximar visando o acasalamento ou manter uma relação de proximidade, formando um grupo colaborativo. Quando estão preparadas para o acasalamento, elas se procuram até que consigam encostar umas nas outras e possam realizar o cruzamento. A cópula dura alguns segundos e, em seguida, nasce o seu descendente. Nesse momento, os pais não se encontram prontos para um novo cruzamento, e podem se afastar ou formar um grupo colaborativo, a depender do tipo de forma geométrica de sua cauda. Quando uma das criaturas morre, a outra tende a se afastar de seu corpo, pois elas não se alimentam de seres semelhantes.

Uma outra possibilidade de colisão também é avaliada, dessa vez entre a cabeça de um indivíduo e os pontos do corpo do outro. Esse teste serve para permitir que os corpos sejam utilizados como teias, que prendem o outro sujeito, sugando sua energia aos poucos. Para prender o outro agente, são consideradas as formas geométricas do dorso das criaturas. Elas podem prender somente as formas equivalentes à do seu dorso. Esse procedimento detalhado mais adiante.

Todas essas condições são avaliadas a cada quadro, medindo a distância entre cada indivíduo, sem repetições ou testes em si mesmo. Portanto, em uma cena com 6 indivíduos, são testadas 15 condições por quadro ($5+4+3+2+1$), ou seja, 450 vezes por segundo. Por isso, esse conjunto de código está entre os que mais oneram o processamento da máquina.

Outras possibilidades de situações de interações foram idealizadas durante a sua concepção, como a possibilidade de ataque a qualquer parte do corpo de um inimigo, o bloqueio da passagem de outro sujeito por meio de toda a extensão de seu corpo ou mesmo um teste de colisão duplo, gerando resultados distintos sob as óticas das duas criaturas. Essa última opção se mostrou interessante devido à imprevisibilidade de seus resultados. Nessa versão, uma criatura mais fraca conseguia derrotar uma mais forte, a depender do momento em que a colisão era detectada por cada uma delas. Entretanto, essas opções foram eliminadas da versão final por não possuírem um resultado visual efetivo, focando-se na otimização do código e na possibilidade de visualização de mais indivíduos ao mesmo tempo em uma determinada cena.

As possibilidades de comportamentos são diversas e a interação com mais de um indivíduo ao mesmo tempo faz com que a reação de cada criatura seja complexa, conforme ilustrado na apresentação das variáveis influentes na movimentação. Ainda, elas não são as únicas determinantes da maneira como os agentes reagem, de forma que cada sujeito possui uma variável que determina quais dessas reações de fato podem ou não ocorrer. A seguir são apresentados os traços atitudinais de cada criatura.

3.2.2 Traços desenhados

Nesse momento serão descritos os traços atitudinais de cada criatura. Esses traços são responsáveis pela sua pré-disposição ao reagir frente aos estímulos ambientais. Esse mecanismo consiste em testar, durante as avaliações das

condições da Máquina de Estados Finitos, os valores de uma variável responsável por determinar se a condição ocorre ou não. Caso o teste não retorne positivo, o comportamento não ocorre. Assim, o teste define a disposição de cada criatura em realizar o comportamento testado. Para realizar as avaliações, uma sequência com oito níveis diferentes de complexidade de reações foram elaborados, visando gerar individualidade para cada agente. Seguem as reações possíveis para os respectivos valores da variável a ser testada:

1. O indivíduo não reage à presença de outros agentes, sendo completamente passivo;
2. O indivíduo é passivo, mas quando estiver com pouca energia pode surtar, fugindo em maior velocidade de seus inimigos mais fortes, simulando um comportamento de histeria;
3. O indivíduo é passivo, mas quando estiver com pouca energia pode se enfurecer, tentando matar rapidamente algum outro inimigo mais fraco antes de morrer, simulando um guerreiro *berserker*;
4. O indivíduo é sensível e consegue perceber um inimigo mais forte, se esquivando de seu caminho para não morrer em uma briga;
5. O indivíduo é sensível e consegue perceber um inimigo mais forte, assim como um grupo de inimigos que se tornam fortes pelo conjunto, se esquivando de seu caminho para não morrer em uma briga;
6. O indivíduo é assertivo e consegue perceber um inimigo mais fraco, caçando-o para matar e roubar a sua energia;
7. O indivíduo é assertivo e consegue perceber um inimigo mais fraco, caçando-o para matar e roubar a sua energia. Se estiver em um bando, ele consegue perceber que o seu grupo em conjunto é mais forte que o inimigo;
8. O indivíduo é esperto e possui a habilidade de perceber inimigos mais fracos e mais fortes, assim como os grupos, evitando brigas desnecessárias e caçando os mais fracos para se alimentar.

Na poética, a situação descrita como número oito, o agente esperto, é aplicada aos seus valores até o número doze da variável, tornando a sua probabilidade de ocorrência a maior de todas. Ao ser criado, cada indivíduo possui um número sorteado entre 1 e 12 para essa variável, favorecendo a probabilidade de que seja concebido com comportamento mais complexo (valor acima de 8).

A pré-disposição dos agentes não é permanente ao longo de toda a sua vida, podendo evoluir ao longo tempo de maneiras distintas. A primeira visa fazer com que os sujeito isolados em áreas vazias por longos períodos de tempo, geralmente com velocidade automática baixa, possam ter um novo valor para essa variável, sorteado aleatoriamente. Isso ocorre quando ele deixa de interagir com qualquer outro agente por 1.000 quadros consecutivos, cerca de 33 segundos, seja ele inimigo ou semelhante, mesmo que seja à distância. Quando o sorteio ocorre, uma direção aleatória é definida, gerando um movimento de deslocamento mais definido, com resultado visual semelhante ao *wandering* utilizado no desenvolvimento de NPCs (personagens não jogáveis) dos jogos digitais. Assim, a probabilidade de um indivíduo se isolar e morrer sem interagir com os outros é reduzida. O valor inicial da variável que avalia seu isolamento também consiste em um número sorteado aleatoriamente. Assim, evita-se que todas as criaturas isoladas se desloquem no mesmo instante, tornando perceptível pelo interator o comando programado.

A segunda maneira de evoluir a pré-disposição dos indivíduos está relacionada à experiência acumulada ao longo de sua vida. Uma outra variável acumula pontos quando o agente é bem sucedido em um evento, como sobreviver a uma briga, se alimentar do corpo de um inimigo vencido ou gerar um descendente. Quando o seu valor atinge o limite, a sua disposição evolui em 1 ponto. Essa variável possui um valor inicial sempre igual a zero para todos os indivíduos recém-nascidos.

Contudo, apesar da implementação dessas características com sucesso na Morfogênese, seu resultado não gerou o impacto esperado. O acúmulo dos pontos de disposição só foram percebidos nos seus momentos iniciais de

execução. Com o passar do tempo, eles tendem a se acumular no seu valor máximo, devido à própria mecânica da seleção natural inspiradora do sistema. Por isso, algumas modificações foram avaliadas, como o seu vínculo à idade das criaturas, como uma medida de amadurecimento e sapiência, ou mesmo determinado em variações randômicas sem relações contextuais. A versão considerada mais interessante foi a sua determinação randômica gerada para cada situação de colisão, como uma decisão isolada dos agentes em nível micro. Contudo, o seu caráter contra-intuitivo e a sua desconexão com o processo evolutivo fizeram com que esses atributos permanecessem desligados na versão atual do sistema. Espera-se, em modelos futuros, relacionar a experiência dos agentes com as suas decisões por meio de modelos simples de redes neurais, simulando com mais fidelidade o mundo biológico. As estruturas neurais poderiam ser transmitidas pelo DNA, e não a sua experiência de vida.

Por isso, no sistema atual, quando o teste de distância retorna positivo, os comportamentos dos indivíduos são determinados diretamente. Conforme apresentado, existem dois grandes blocos de comportamentos definidos para as criaturas: contextos de sobreposição, quando há a interseção de suas cabeças, ou de visualização mútua à distância. Primeiramente são apresentadas as instruções de comportamento dos indivíduos no momento em que se enxergam à distância. Na sequência, são apresentados os comportamentos de contato direto das formas.

3.2.3 Geometrias reagentes

Nesse tópico são apresentadas as possibilidades de interação entre os agentes quando a presença do outra criatura é detectada. Nesse momento, além de seu comportamento, também é definida a sua linguagem corporal. Assim, cada indivíduo, quando inserido em um contexto determinado, apresenta um *feedback* visual do seu estado afetivo, como o medo de um outro sujeito mais forte,

explicitando a sua emoção involuntariamente. Essa resposta ocorre de maneira automática assim que o afeto é ativado, semelhante às nossas respostas em comportamentos de expressão facial frente à estímulos específicos, apresentados nos estudos de Ekman e Friesen (1975). Inspirações à parte, no momento em que a condição que testa a proximidade dos sujeitos retorna positiva, o efeito decorrente sempre aparece em seu corpo, ilustrando, por exemplo, o seu medo ou excitação.

Lembra-se que esse deslocamento é definido pela alteração das variáveis de direção, apresentadas anteriormente. O movimento não ocorre no sentido intencionado por um comando explícito, mas por uma alteração em sua probabilidade de ocorrer, modificando-se os extremos do sorteio randômico no Movimento *Browniano*, conforme descrito. Esse recurso foi amplamente utilizado na definição dos movimentos dos indivíduos, sendo que todas as variáveis apresentadas nos tópicos anteriores, referentes aos deslocamentos dos agentes, são empregados nos comportamentos descritos no presente tópico.

Conforme apresentado, quando um indivíduo se aproxima do outro e a sua distância se torna menor do que o quádruplo da soma de seus diâmetros, o primeiro teste de colisão retorna positivo e eles passam a se enxergar. Em seguida, uma nova condição é testada, verificando se as formas geométricas das cabeças dos indivíduos são equivalentes. Caso as formas sejam diferentes, uma nova avaliação é realizada, verificando seu estado de vida. Quando um deles se encontra morto, o outro segue em sua direção para se alimentar de seu corpo e ganhar mais energia.

Caso o teste de verificação do estado de vida das criaturas retorne positivo para ambas, é realizada uma comparação do seu nível de energia. Nesse momento, os comportamentos dos dois agentes são definidos, sendo que o indivíduo mais forte persegue o mais fraco, que inicia o procedimento de fuga.

Em caso de fuga, uma nova forma geométrica é desenhada no seu dorso, situado em seu segundo ponto: um triângulo com o dobro do tamanho da forma original do dorso e sem nenhuma cor de preenchimento (Figura 76). Essa forma

gira mais rapidamente do que a forma do dorso e em sentido oposto (anti-horário).

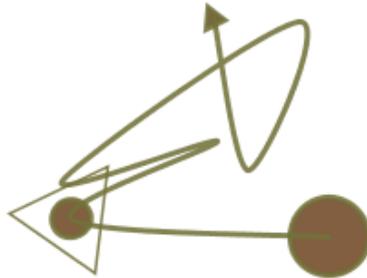


Figura 76: indivíduo sendo ameaçado por um inimigo: um triângulo sem preenchimento pode ser visto sobre a sua segunda forma geométrica (dorso).

O seu ângulo de rotação possui relação com o ângulo de rotação do dorso de seu alvo, criando um resultado diferenciado para cada agente testado, já que seu efeito é acumulativo. Isso foi feito para que, quando um indivíduo interagir com mais de um sujeito ao mesmo tempo, não haja sobreposição dessa forma geométrica, ilustrando que ele está sob influência de vários outros seres que o ameaçam ao mesmo tempo (Figura 77).

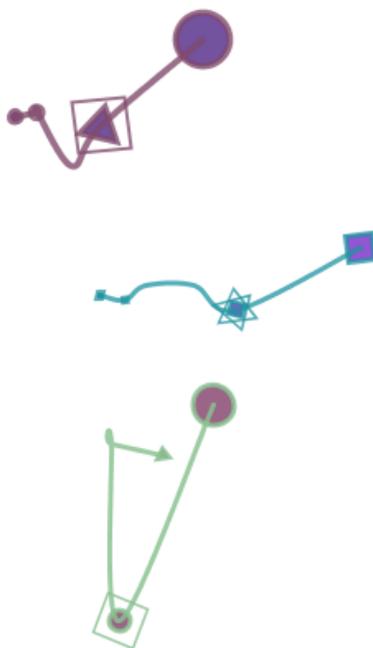


Figura 77: indivíduo sendo ameaçado por mais de um inimigo ao mesmo tempo: os triângulos em seu dorso possuem ângulos distintos para evitar a sua sobreposição.

Já no caso do agente com mais energia, seu deslocamento ocorre na direção do sujeito mais fraco, visando perseguí-lo para o abate e a absorção de sua energia vital. Nessa situação de caça, um quadrado é desenhado em seu dorso, também com o dobro de seu tamanho e sem preenchimento, rodando em sentido horário em uma velocidade superior (Figura 78). Ela também possui relação com o ângulo do dorso de seus alvos, visando a diferenciação do ângulo de sua rotação para as situações de sobreposições em interações com mais de um sujeito ao mesmo tempo (Figura 79).

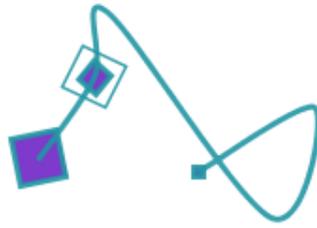


Figura 78: indivíduo ameaçando um inimigo mais fraco: um quadrado sem preenchimento pode ser visto sobre a sua segunda forma geométrica (dorso).

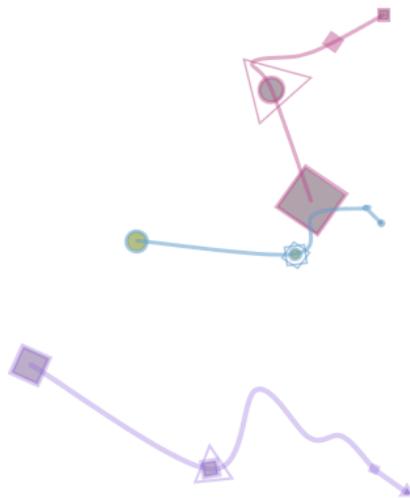


Figura 79: indivíduo ao centro ameaçando mais de um inimigo ao mesmo tempo: os quadrados em seus dorsos possuem ângulos distintos para evitar a sua sobreposição.

Mais de uma interação pode ocorrer simultaneamente com agentes diferentes. Por exemplo, um indivíduo pode fugir de um inimigo e caçar outro ao mesmo tempo, sendo que todos os *feedbacks* visuais ocorrem concomitantemente, conforme ilustrado pela Figura 80.

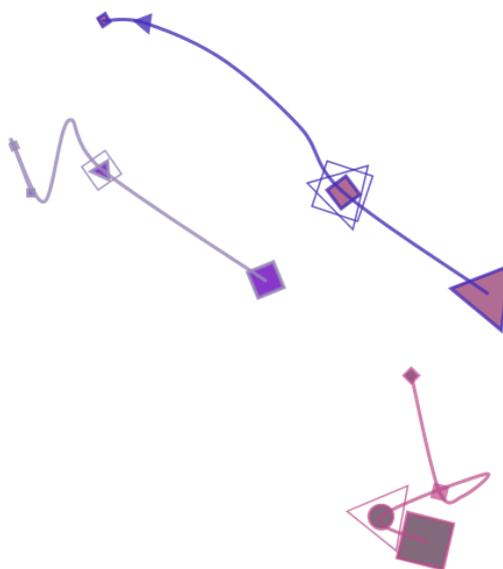


Figura 80: indivíduo ameaçando um inimigo enquanto foge de outro: são mostrados o quadrado e o triângulo ao mesmo tempo em seu dorso.

Uma outra situação que pode ocorrer é a visualização mútua de agentes que possuem as formas geométricas de suas cabeça iguais. Essa é a situação em que os indivíduos semelhantes com mais afinidade se encontram, gerando os grupos colaborativos. Quando os grupos são formados, são calculadas as somas das energias dos indivíduos, sendo esse o novo valor empregado nos testes de caça e fuga, substituindo o valor original da variável padrão de energia do agente individualmente. Para realizar o cálculo, os valores são adicionados a cada par de indivíduos, sendo esse um valor dinâmico de acordo com os agentes do grupo que se veem ao mesmo tempo. Quando se afastam, mesmo ainda pertencendo ao mesmo grupo por meio da conexão com outros agentes, o seu valor tende a se igualar ao valor da sua energia individual novamente. Mas detalhes sobre a formação dos grupos e suas consequências são relatadas mais adiante.

Seguindo as possibilidades de condições possíveis para os estados dos agentes, a próxima instrução corresponde ao nível de maturidade dos indivíduos. Quando uma criatura está pronta para o acasalamento, ou seja, o seu

desenvolvimento se encontra igual ou acima do seu ponto de maturação, uma forma geométrica preenchida com um terço do tamanho de sua cabeça é desenhada em seu penúltimo ponto, tornando possível identificar os sujeitos que estão ovulando. A forma geométrica sempre corresponde a forma de sua cabeça, demonstrando os genes determinantes da tipologia de seus descendentes, conforme ilustra a Figura 81.



Figura 81: indivíduo maduro e pronto para o cruzamento: um círculo é desenhado em seu penúltimo ponto como sinal da ovulação.

A sua maturidade evolui conforme o tempo passa, em uma taxa de 0.1 pontos por quadro. O seu ponto de cruzamento adquire um valor aleatório que varia entre 50 e 200 no momento de sua criação. Esse valor permanece o mesmo ao longo da vida do indivíduo e influencia o seu ciclo de reprodução. Essa dinâmica é transmitida aos seus descendentes, que recebem a informação genética dos seus pais por meio de uma recombinação.

Nos casos em que ambas as criaturas estão maduras e aptas para o acasalamento, elas se aproximam. Uma condição para cada indivíduo é testada, da mesma maneira que as situações anteriores, modificando-se a sua probabilidade de movimento básica. Quando eles estão se aproximando, procurando pelo par para o acasalamento, um círculo do tamanho de sua primeira forma geométrica e sem nenhum preenchimento é desenhado no penúltimo ponto de seu corpo, em seu óvulo. Esse é o indicador visual de que ele está sob influência de outra criatura apta à cruzar, evidenciando seu estado de cio, demonstrado na Figura 82.

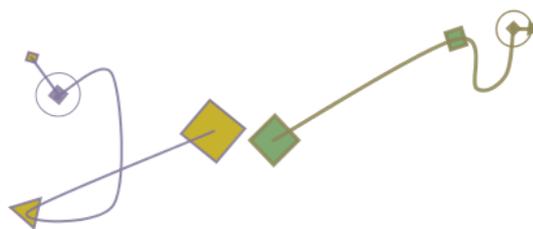


Figura 82: indivíduo maduro se deslocando em busca do par para o cruzamento: um círculo sem preenchimento é desenhado em seu penúltimo ponto, o mesmo de seu óvulo.

Já nos casos em que ambos os indivíduos estão com a sua maturidade abaixo de seu ponto de cruzamento e dentro da distância de visualização, eles tendem a se afastar para ocuparem uma área maior do ambiente e para explorarem o território. Nesse momento, quando eles tendem a se afastar, a situação especial de constituição dos grupos colaborativos pode ocorrer. Caso as criaturas tenham alguma afinidade, determinada pela semelhança da forma geométrica de suas caudas, eles podem formar o grupo. A sua organização consiste em conjuntos de pares de agentes que tendem a permanecer unidos e a se ajudarem ao afastar os seus inimigos. Isso ocorre porque, nos testes de ataque e fuga, o valor coletivo da sua energia é considerado em vez do valor da sua energia individual, conforme descrito.

Ainda, a proximidade pode favorecer o grupo a longo prazo, mantendo os seus indivíduos mais próximos e propiciando o seu acasalamento na próxima vez que se tornarem maduros. Foram testadas situações em os grupos só poderiam ser formados por sujeitos não maduros. Isso fazia com que os grupos fossem

desfeitos caso os seus pontos de maturação fossem muito distintos. Esse efeito ocorria porque, nas situações em que apenas uma das criaturas se encontrava madura, a instrução de afastamento prevalecia, liberando a criatura madura do grupo para que ela procurasse por um par no ambiente. Essa situação foi retirada do sistema porque, à longo prazo, os grupos perdiam variabilidade genética, o oposto do pretendido, favorecendo apenas criaturas com tempos de maturação semelhantes.

Para que não se afastem demasiadamente dentro do formato de grupo, perdendo o contato com mais agentes, os grupos se formam com os indivíduos se situando na faixa entre uma vez e meia e o quádruplo da soma de seus diâmetros, valendo somente para os pares com caudas iguais. Isso faz com que os grupos não se espalhem pela tela, mantendo sua identidade visual e facilitando a sua percepção pelos interatores. Visando proporcionar um *feedback* visual do grupo constituído, as criaturas aproximam e giram as suas caudas, como se estivessem se relacionando. Com o passar do tempo, a partir das semelhanças cromáticas e sonoras dos graus de parentesco estabelecidos, é gerado um efeito de cardume no grupo.

Foram testadas situações em que as formações de grupos permitia também a troca de informações entre os agentes, gerando um fluxo no sistema. Quando agrupadas, as criaturas compartilhavam cores e sons, gerando uma identidade instantânea para os grupos recém formados. A aproximação das cores ocorreu com o cálculo de *easing*, o mesmo utilizado nos movimentos, descrito anteriormente: as cores dos indivíduos se aproximavam a um centésimo de sua distância a cada quadro. Assim, se estivessem muito distantes, as cores mudavam mais drasticamente. Quanto mais perto estivessem, menos radicais eram as mudanças, até que formassem uma paleta de cores bem próximas. As cores nunca se tornavam exatamente as mesmas devido ao fato de que possuíam o Movimento *Browniano* também aplicado à elas nessas versões, tornando as cores dinâmicas.

Os sons também eram compartilhados nessas versões. Entretanto, o tipo de aproximação era ligeiramente diferente da utilizada para as cores. A mesma

lógica de movimento de *easing* foi aplicada, mas com o dividendo igual a 2 e não 100, tornando a aproximação muito mais rápida. Isso ocorria porque os sons não são emitidos a cada quadro, não fazendo sentido elaborar uma aproximação suave. Ainda, o cálculo era realizado somente com números inteiros, não existindo uma dinâmica de mudança individual de sons como nas cores, ocorrendo somente na presença de grupos.

Essa situação de grupos muito semelhantes, ilustrados pela Figura 83, foram eliminadas do ambiente da Morfogênese durante o seu balanceamento. A sua evolução detalhada é descrita mais adiante, mas o principal problema relacionado aos atributos dinâmicos foi o seu distanciamento da relação entre o genótipo e o fenótipo das criaturas. Assim, optou-se por uma relação de significado mais próxima da noção de evolução, na qual as paletas próximas devem ocorrer pelo estabelecimento de graus de parentesco, consistindo em uma camada de emergência da poética, e não de uma instrução direta. O seu efeito é ilustrado pela Figura 84, no qual as cores dos agentes demonstram a sua variabilidade genética.

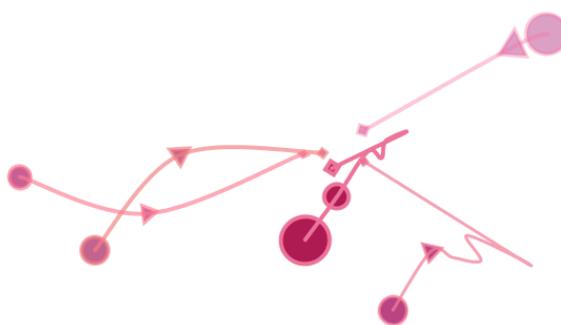


Figura 83: formação de grupos com compartilhamento de cores.

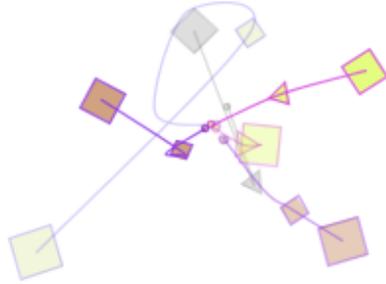


Figura 84: formação de grupos na versão atual do sistema. Nessa variante, as cores próximas significam graus de parentesco, e suas composições se tornam mais originais.

O comportamento de grupos colaborativos, combinado com as outras regras descritas, pode gerar situações de redes embaraçadas com paletas de tons e semitons, ilustrando o domínio de uma forma geométrica, cor ou som específico em um determinado espaço, reforçando a analogia da imposição das formas vencedoras na denominação de uma imagem em um nível macro. O efeito visual e sonoro resultante é um dos destaques em termos de decorrências de composições da poética proposta, ilustrado pela Figura 85.

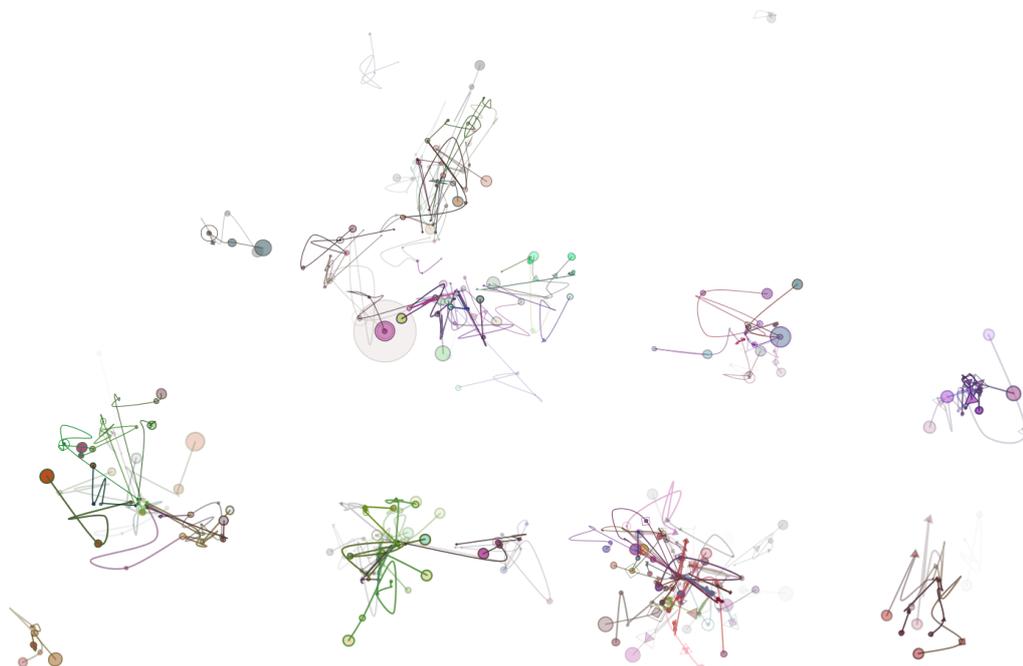


Figura 85: situação complexa gerada pelo comportamento coletivo dos agentes: diversos grupos ocupam o ambiente em um emaranhado de linhas e formas.

Finalmente, a última condição de reações à distância entre as criaturas semelhantes ocorre quando um dos dois indivíduos estiver morto. Em situações como essa, o agente tende a se afastar, pois as formas similares não podem consumir o corpo umas das outras. Com isso, os grupos se deslocam lentamente para se afastar de seus membros falecidos, como um coral, deixando seu rastro cinza pelo caminho.

A partir das situações descritas é finalizado o bloco de condições testadas à distância, que determinam os comportamentos de deslocamento dos agentes com relação aos outros à sua volta, determinando as suas fugas, perseguições ou a formação de grupos colaborativos. A seguir, são apresentadas as situações de colisões com sobreposições das formas, os seus contatos diretos, que consistem nos momentos de maior tensão da narrativa proposta.

3.2.4 Riscos sobrepostos

Quando as formas geométricas das cabeças dos agentes se sobrepõem, no momento em que a sua distância é menor do que a soma de seus raios, ocorrem as situações de briga, alimentação ou os cruzamentos efetivamente. Esses consistem nos momentos de maior ação e tensão da Morfogênese, pois eles são os determinantes das disputas, processos de alimentação ou formação de novas gerações de indivíduos. Quando isso ocorre, as formas e cores piscam com maior intensidade na tela, os seus sons se tornam mais frequentes e, em questão de segundos, uma colônia inteira de agentes que foi cuidadosamente arquitetada pode ser completamente dizimada.

Quando duas criaturas maduras com formas semelhantes se encontram, o processo de acasalamento é iniciado. Esse processo é dividido em duas etapas, o momento da cópula e o nascimento de um descendente. Para controlar o tempo do acasalamento, é iniciada uma contagem durante a cópula que dura 200 quadros, ou aproximadamente 6,5 segundos. Assim que ela atinge seu valor máximo, o coito termina e o descendente é gerado imediatamente no ambiente.

Durante a fase de acasalamento, uma representação visual da relação entre as criaturas é realizada na interface. As formas geométricas das cabeças, caudas e óvulos dos agentes se unem, e eles passam a realizar um movimento acelerado e ritmado. Essa união é realizada na média da distância entre eles, simulando uma ação conjunta. Para uma fácil identificação por parte do interator desse momento importante dos agentes, um círculo com o quádruplo do diâmetro de suas cabeças é desenhado no seu primeiro ponto, assim como as formas geométricas de seu corpo giram mais rapidamente. O processo de acasalamento e de nascimento de um agente é ilustrado pela Figura 86.

Os seus sons também são reproduzidos em momentos intervalados de maneira cadenciada, gerados a partir da relação entre a contagem realizada e a sua quantidade de vida original. Eles são definidos pelo uso do recurso do módulo, que só atende a condição de igualdade quando não há resto na divisão, ou seja, o

valor da variável de contagem é múltiplo do valor de sua vida inicial, definido pelo DNA. O tamanho de suas formas geométricas também tende a aumentar gradativamente, pois existe a instrução de probabilidade do escalonamento de suas formas em situações de prazer, aumentando a chance de se tornarem maiores e mais expostos com o tempo.

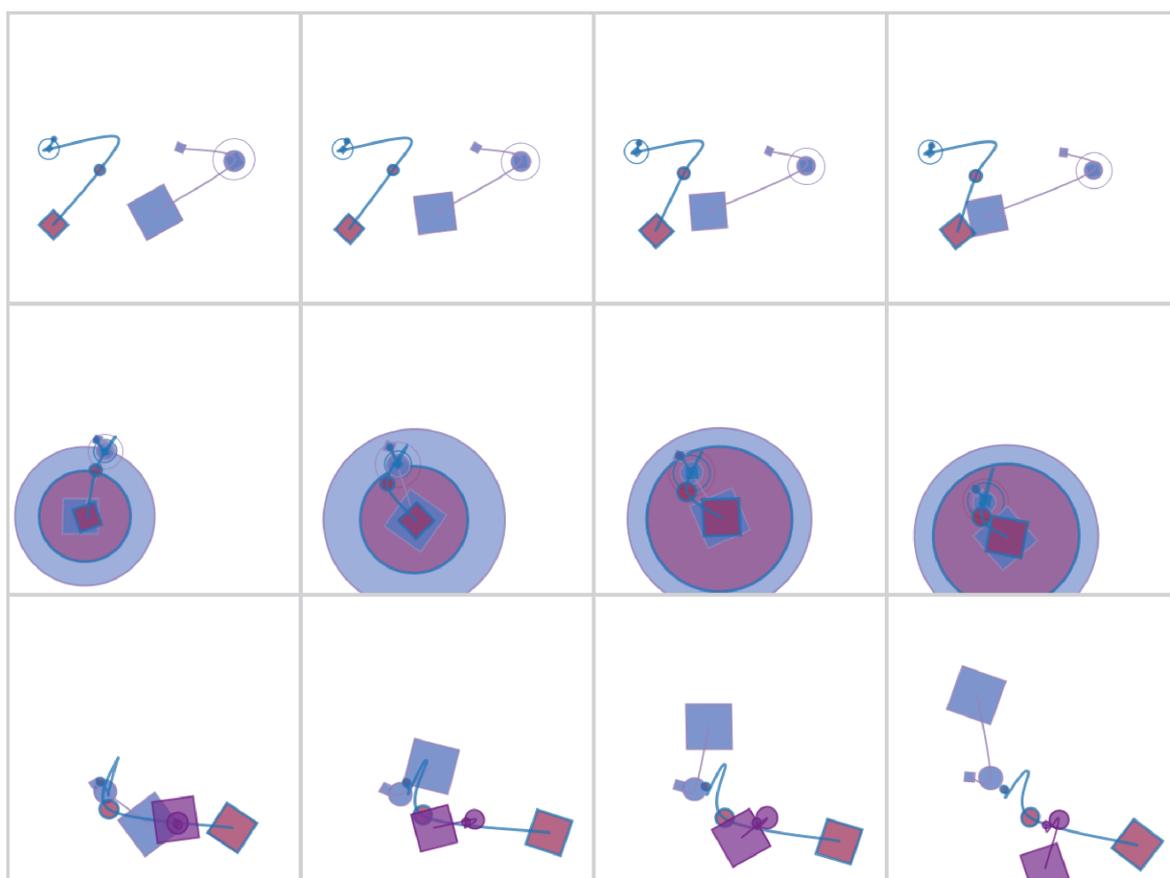


Figura 86: doze momentos do processo de cruzamento, incluindo a ovulação, a cópula e o nascimento do filho com a mescla das características de seus pais.

A figura ilustra também que o filho nasce encolhido entre os seus pais, com suas características físicas misturadas, como as suas cores ou a espessura de suas linhas. Após o nascimento, como nenhum dos indivíduos está maduro novamente, o código indica que eles devem se afastar para explorar o território ou formar os grupos, conforme já detalhado.

Durante o cruzamento, a depender da velocidade de cada indivíduo e do

restante das interações com os outros seres, eles podem se "desengatar", com uma alta probabilidade de se unirem novamente devido ao código de procura por um ser maduro, já apresentado. Todos os efeitos visuais, como as formas geométricas, velocidades, ângulos de rotação, assim como os efeitos no comportamento, como a maturidade, são aplicados aos dois agentes ao mesmo tempo. No entanto, a variável de contagem de tempo para o acasalamento só é medida em um deles, e somente este indivíduo comanda o nascimento de um filho.

Ainda, vários indivíduos podem participar do mesmo coito, desde que estejam maduros. Contudo, a detecção da contagem de tempo é realizada a cada par, sendo que ambos se tornam satisfeitos ao mesmo tempo, se desligando da relação coletiva. Em casos com diversos acasalamentos simultâneos, os pares envolvidos no nascimento de um agente vão se desligando aos poucos com seus filhos recém gerados, conforme ilustrado pela Figura 87.

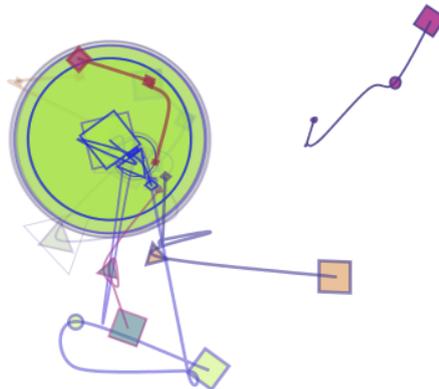


Figura 87: cruzamento envolvendo vários indivíduos ao mesmo tempo, com alguns deles se tornando satisfeitos e se desligando da cópula.

Quando a contagem de tempo de acasalamento atinge seu valor máximo, a segunda fase é iniciada. Ela consiste na separação dos indivíduos envolvidos, retomando a autonomia de seus pontos, que foram ligados e permaneceram

juntos durante a cópula, retomando também a sua velocidade original. Quando isso ocorre, ambos os pais perdem um ponto de energia, gasta na relação com a outra criatura. A sua maturidade também é reiniciada, para que eles precisem amadurecer novamente antes de uma nova reprodução.

Os pontos de suas cabeças são afastados em até 100 *pixels* em uma direção aleatória produzida para os eixos X e Y de cada um dos agentes. Essa distância é importante para que o seu descendente, gerado exatamente entre os seus pais, seja bem visível, proporcionando o efeito visual apresentado na Figura 88.

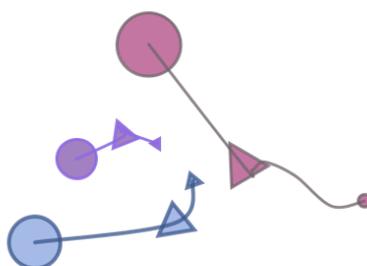


Figura 88: filho encolhido, situado entre os seus pais no momento do seu nascimento.

A velocidade automática das criaturas pós o acasalamento é ajustada ao seu valor original aos poucos. Para tanto, o valor da variável de velocidade se iguala lentamente ao seu valor original, que registra o primeiro valor assumido pela velocidade no momento de seu nascimento, dando a sensação de que o indivíduo se acalma.

Ainda, durante a segunda fase do acasalamento, as variáveis que determinam quem são os pais da nova vida são definidas. Elas são importantes para a atribuição das características do filho enquanto um híbrido de seus pais.

Dessa maneira, as características de cada indivíduo, incluindo as que favorecem a sua reprodução, são transmitidas aos seus descendentes. Portanto, todos os valores das variáveis de entrada da classe que gera a instância do filho são derivadas de seus pais. Inicialmente, essas variáveis foram estabelecidas pela média dos valores das variáveis contínuas. Isso gerou uma tendência a longo prazo de encurtamento da distribuição da variabilidade genética da população. Conforme será detalhado no tópico correspondente ao balanceamento do sistema (3.3.2), essa solução foi abandonada em prol de uma recombinação dos pares de variáveis que compõem o DNA dos pais, de maneira que as variáveis sejam combinadas como se fossem categóricas, simulando melhor o processo natural de desenvolvimento da vida.

Contudo, nas outras versões da poética que adotam a média como parâmetro, o número de pontos do corpo do filho também deve corresponder a média do número de pontos de seus pais, assim como a posição de cada ponto no momento do seu nascimento. No entanto, ao indicar a posição de cada ponto do filho, um erro pode ocorrer, pois o filho pode ter mais pontos em seu corpo do que um de seus pais, não sendo possível referenciar os pontos sobressalentes para o seu posicionamento inicial. Caso o problema não fosse corrigido, eles seriam determinados aleatoriamente, como no início da aplicação, esticando o corpo do filho pela tela para unir os seus pontos, seguindo o parâmetro randômico original de seu código.

Para evitar esse problema, foi elaborada uma maneira de indicar o seu posicionamento sem gerar um erro de consulta à lista (*array*). Para isso, primeiramente, a posição dos pontos até o número de pontos do pai menor era atribuída. Para essa função, foi utilizada uma equação que, independente de qual dos dois agentes fosse o pai com o menor número de pontos, seu valor era sempre considerado pelo código. Ela consiste na subtração do valor absoluto da soma e subtração de seus valores atuais. Essa equação sempre retorna o valor do menor indivíduo, seja A ou B, independente de sua organização, conforme ilustra a Figura 89.

$$((A+B)/2)-((A-B)/2)$$

Figura 89: equação que retorna o valor do menor número, seja ele A ou B, sem o uso de condições de avaliação.

A equação foi concebida em um processo livre de criação, utilizando papel e lápis até se chegar a uma solução que retornasse o valor desejado, ilustrando o processo descrito como o método de criação da poética. Ela evita que sejam criadas uma nova série de condições que possam checar qual é o número desejado. Para selecionar a outra criatura, com o maior valor da variável, basta alterar a subtração principal para uma soma que o resultado será o maior dos dois números, conforme ilustra a Figura 90.

$$((A+B)/2)+((A-B)/2)$$

Figura 90: equação que retorna o valor do maior número, seja ele A ou B, sem o uso de condições de avaliação.

Retomando a questão do nascimento das criaturas, em seguida, após a determinação das posições dos pontos do filho até o tamanho de pontos do pai menor, as posições dos pontos entre o pai menor e o filho eram definidos em ordem inversa, a partir da localização dos pontos do pai maior. Esse procedimento garantiu que nenhum dos pontos do filho recém nascido deixasse de receber uma instrução quanto ao seu posicionamento, independente das discrepâncias possíveis para os tamanhos dos corpos de seus pais.

Nas versões mais atuais do sistema, visando evitar o problema da determinação do posicionamento dos filhos, gerando uma sensação ao interator de que o nascimento acabou de ocorrer, o filho é posicionado no ambiente com seu corpo completamente retraído, como ilustrou a Figura 88. Contudo, como as distâncias entre seus pontos são registradas e empregadas na determinação de seu movimento de *easing*, os processos ocorrem de maneira independente.

Assim, primeiro o filho é gerado com as distâncias de seus pontos calculadas, mas sem o seu desenho na tela. Em seguida, os seus pontos são realocados, e a criatura nasce contraída. Assim que é gerada, ela tende a se expandir e ocupar o tamanho normal de seu corpo.

Uma outra questão importante, relacionada às formas geométricas dos pais, é a definição das formas que compõem o corpo dos filhos. Para cruzarem, as suas cabeças devem ser semelhantes, mas não há pré-requisito para o restante das formas de seus corpos. Assim, quando o pescoço e a cauda dos pais são diferentes, uma forma combinada do DNA dos pais é sorteada para o filho durante o cruzamento. Contudo, existe uma diferença em sua composição com relação às demais características dos agentes: o fenótipo das criaturas não resulta dos dois valores do par de DNA, mas somente do primeiro, como se fosse dominante. Nos momentos iniciais da execução do sistema, essa característica não gera um efeito aparente. Mas, com o passar do tempo, os genes não ativos que sofrem mutações, não manifestadas nos agentes, podem ser determinantes das características de seus filhos.

Ainda, existe um outro efeito relativo às formas geométricas implementado no sistema. Quando as formas do pescoço das criaturas são iguais, existe uma chance de 10% de que essa característica seja transferida para a sua cabeça, como se fosse decorrência de uma presença mais efetiva em seu DNA, determinando a nova forma da criatura por meio de um *crossover*. O mesmo ocorre para os cruzamentos entre agentes com caudas semelhantes, muito comum nos casos dos grupos colaborativos. Ainda, caso ocorra uma situação em que todas as formas geométricas dos corpos de ambos os pais sejam iguais, com exceção de suas cabeças, existe uma dominação de seu DNA. Nesses casos, essa é a forma determinante do filho, e não a cabeça dos pais, como se a presença da outra forma no seu DNA fosse tão forte que eles não conseguissem gerar um descendente direto semelhante a eles.

Durante o desenvolvimento da Morfogênese, esse processo foi utilizado para simular o efeito inverso do *vigor de híbrido* ou *heterose*, entendido como o fenômeno pelo qual os filhos apresentam melhor desempenho (mais vigor ou

maior produção) do que a média dos pais pelas mesclas de suas características positivas. Assim, quando os efeitos descritos acima ocorriam, um valor adicional era acrescido à quantidade de vida inicial das criaturas. Esse efeito permitia que situações especiais pudessem ocorrer e modificar o equilíbrio do desenvolvimento dos indivíduos no sistema proposto, fazendo que indivíduos que dominassem um determinado ambiente conseguissem se manter ao longo do tempo, mesmo sem a presença de inimigos que pudessem ser caçados e mortos para virar alimento. Isso foi muito importante porque, nesses momentos, a quantidade de vida das criaturas era uma média da vida dos pais no momento de cruzamento, fazendo com que a população fosse morrendo aos poucos. Esse efeito foi retirado do sistema porque os agentes estavam se apoiando nessa situação para burlar os efeitos da evolução natural nas condições em que a vida inicial das criaturas foi reconcebida.

Além das possibilidades de *crossover*, existe também a ocorrência de mutações nos cruzamentos dos indivíduos. As mutações são chances de modificações em qualquer um dos seus atributos, permitindo, por exemplo, que um círculo nasça do cruzamento de dois quadrados, ou que a espessura da linha de seu corpo se intensifique drasticamente. Todas as variáveis de seu DNA podem sofrer mutação. Elas ocorrem em uma probabilidade de 1% para cada gene, testadas de maneira independente. A Figura 91 ilustra o nascimento de um filho mutante.

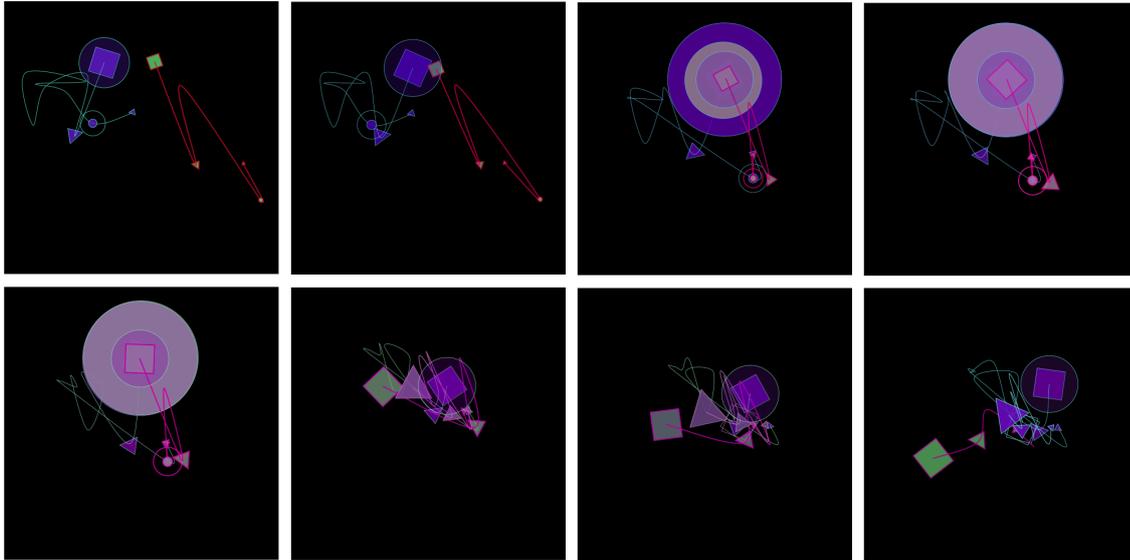


Figura 91: oito momentos do processo de mutação ocorrido durante o acasalamento de indivíduos retangulares, mas com muitos genes triangulares em seu DNA.

A implementação da mutação no sistema é muito relevante porque existem formas com traços genéticos dominantes na maior parte das vezes em que o sistema entra em equilíbrio. Nessas situações, é comum ocorrer o extermínio completo de uma espécie de agente inimigo, não havendo uma outra oportunidade de seu surgimento até que o código seja reiniciado. Por isso, para evitar a adoção de um controle central descendente (*top-down*), que imponha as regras que visam recuperar a variabilidade genética da situação gerada espontaneamente, a mutação foi idealizada. Esse modelo é também inspirado na natureza, e permite que as pequenas variações das espécies ocorram de maneira acumulada, mas causando grandes transformações à longo prazo. Assim, as regras de reprodução das criaturas são as mesmas a todo instante, sem ajustes contextuais, mas permitem até o retorno de um agente geométrico com traços extintos, oriundos do mesmo processo de emergência que gerou o seu aniquilamento.

O seu processo de configuração variou de acordo com a natureza da variável. Por exemplo, os sons produzidos pelos agentes dependem de recursos computacionais de hardware e software, não sendo possível permitir aos agentes a produção de sons inéditos, caso não sejam previstos no banco de dados

utilizados pelo Java. O mesmo vale para as suas cores, que possuem limites de variação dentro dos espaços cromáticos de seu RGB. Já nos casos das espessuras das linhas, tamanhos de corpos, diâmetros de formas geométricas, a mutação foi implementada para permitir uma navegação livre pelo espaço genético das criaturas. Contudo, a sua navegação é lenta e deve ocorrer de maneira acumulada, não sendo permitidos saltos muito grandes de variação.

Na natureza, a quantidade de informações armazenadas nos DNAs dos seres vivos, associados ao seu modelo digital de armazenamento, permitem que os níveis de emergência da evolução das espécies não tenha limites. Contudo, o fato de empregar comandos diretos relacionados aos atributos das criaturas em uma linguagem de programação de alto nível não permite que as suas camadas de emergência se desdobrem indefinidamente, como na natureza. Nesse modelo, as modificações provocadas são demasiadamente drásticas e sua probabilidade de inviabilização da continuidade de execução do sistema é extremamente alta. Talvez, a elaboração de algum sistema computacional acelerado que promova a sua emergência a partir de situações muito simples em armazenamentos binários diretos em linguagem de máquina, que evoluam naturalmente até se tornar um sistema complexo, evidenciem uma semelhança maior com o mundo natural.

Além dos cruzamentos, uma outra possibilidade de colisão com os seres vivos ocorre quando os indivíduos de formas distintas se chocam. Nesse caso, em vez de acasalarem eles brigam, se agredindo a cada vez que encostam um no outro. Isso é possível porque criaturas vivas com formas distintas não se sobrepõem. Ao encostarem, eles se afastam ligeiramente e perdem a energia causada pela trombada. Ainda, a sua velocidade automática aumenta, como se ficassem estressados com a situação de conflito.

No momento da batida, um quadrado com o quádruplo do tamanho da cabeça dos agentes que lutam é desenhado em seus primeiros pontos, evidenciando a briga para os iteradores, apresentado na Figura 92. O som característico de cada indivíduo também é reproduzido a cada colisão, criando um evento que atrai a atenção do das pessoas para o local da disputa.

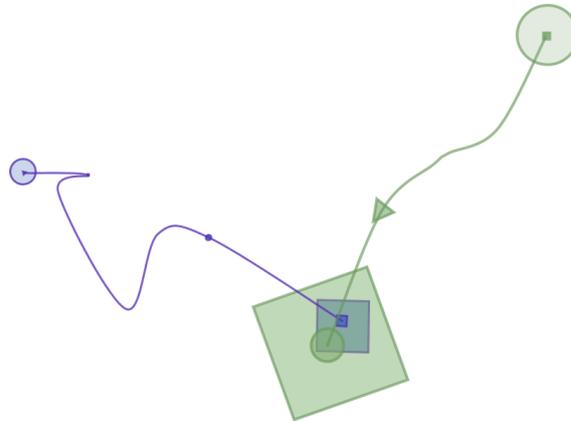


Figura 92: momento de contato entre as criaturas durante uma briga: um quadrado é desenhado em suas cabeças e o seu som é reproduzido.

Também existe no código uma estratégia para fazer com que as retrações dos agentes pareça natural. Para tanto, foi elaborada uma variável que é incrementada em ambos os agentes durante cada contato. Ela é utilizada para reduzir em 0.1, a cada cinco contatos entre os indivíduos, o valor da variável que controla a probabilidade de escalonamento do tamanho das formas geométricas de cada criatura. Essa implementação é responsável pela tendência em aumentar ou diminuir o tamanho da forma geométrica da cabeça dos indivíduos quando eles estão apanhando. Como a própria detecção da colisão dos seres está relacionada a esse diâmetro, o seu tamanho determina a distância com que um indivíduo consegue ver e ser visto pelos outros. Por isso, esse procedimento transmite a sensação de que a criatura está se encolhendo pela dor, se escondendo do inimigo, ou se impondo em um determinado espaço.

Assim, quando o indivíduo briga, esse valor cai, reduzindo a forma geométrica, como se o sujeito se retraísse com a experiência negativa. Nos momentos em que os agentes possuem experiências positivas, como acasalar ou se alimentar, essa probabilidade começa a ser alterada no sentido contrário, expandindo suas formas. Nos momentos em que essa influência não existe, o

processo de redução e ampliação da forma geométrica da cabeça é randômico, seguindo as regras do Movimento *Browniano* detalhadas anteriormente. Ainda, o tamanho da cabeça das criaturas não pode exceder o valor da faixa entre 5 e 50 *pixels*, a não ser em casos de mutações.

As batalhas são os momentos em que os sons se tornam mais frequentes, os retângulos piscam na tela e os movimentos são mais dinâmicos na poética. Diversas composições visuais e sonoras ocorrem durante as brigas, principalmente quando envolvem diversas criaturas ao mesmo tempo. Essas são também as situações em que o interator acaba sendo mais tocado, ao ver como um determinado agente pode ser perseguido e morto, especialmente quando esse fato decorre de uma interferência sua.

Encerrando as possibilidades de contato entre os agentes com formas distintas, também existe a situação em que um indivíduo está vivo e o outro morto. Nesse caso, o que deve ocorrer é a absorção da energia do corpo do sujeito morto pela criatura viva. Durante a alimentação, um quadrado com o dobro do diâmetro da sua cabeça e sem preenchimento é desenhado no primeiro ponto da criatura que come (Figura 93). Esse quadrado gira em sentido anti-horário com o dobro da velocidade da forma geométrica da sua cabeça, que também possui a sua rotação aumentada. A energia é transmitida de um sujeito para o outro na taxa de 0.04 pontos por quadro.

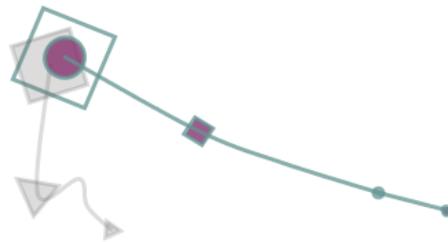


Figura 93: indivíduo se alimentando da carcaça de um inimigo morto: um quadrado sem preenchimento é desenhado em sua cabeça.

Os comportamentos descritos, programados para situações em que os agentes se tocam ou se enxergam à distância, compreendem a maior parte das interações possíveis entre os indivíduos na Morfogênese. Todos esses contatos ocorrem de acordo com colisões calculadas exclusivamente pelos primeiros pontos de cada sujeito, a sua cabeça. Isso foi feito dessa forma visando poupar o processamento da máquina e permitir a visualização de um número maior de indivíduos na tela sem comprometer a velocidade com que se movem. Apesar disso, além das colisões detalhadas acima, relativas ao contato entre as cabeças dos indivíduos, uma outra possibilidade de interação endógena entre os agentes ainda pode ocorrer.

Todo indivíduo possui a capacidade de prender nos pontos centrais da linha de seu corpo a cabeça de um outro ser, desde que a forma geométrica de seu dorso seja igual à forma geométrica da cabeça do indivíduo a ser subjugado. Quando isso ocorre, o ser que prendeu o outro absorve aos poucos a sua energia. Esse comportamento pode ocorrer independente da equivalência entre as formas de suas cabeças, sendo o outro sujeito um semelhante ou um inimigo.

Em outras situações testadas, esse comportamento foi empregado para se

criar criaturas coletivas, como hidras, mantendo-se a sua independência enquanto agentes computacionais. Para tanto, a composição cromática e sonora do ser subjugado era substituída pela do composição da criatura dominante. As suas formas geométricas também se tornavam a metade do tamanho das formas geométricas do ser dominador. Tudo isso para fazer com que o agente que ficou preso na linha pareça apenas um membro do indivíduo dominador. Exemplos dessas situações em casos de prisioneiros inimigos ou semelhantes são ilustrados pelas Figuras 94 e 95.

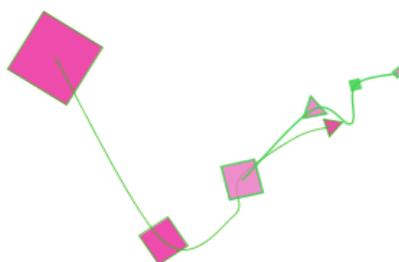


Figura 94: indivíduo preso no terceiro ponto do corpo de um semelhante: as suas cores, sons e tamanhos passam por uma adaptação, tornando-os membros do outro ser. Esse comportamento não ocorre na versão mais atual da poética.

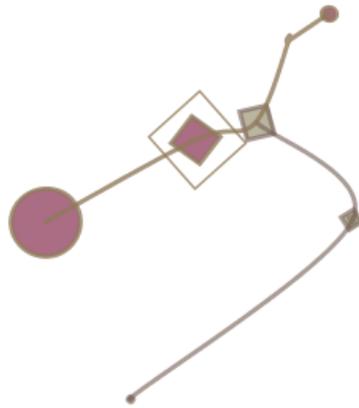


Figura 95: indivíduo preso no terceiro ponto do corpo de um inimigo: enquanto está preso o inimigo é ameaçado pelo opressor. As suas cores, sons e tamanhos passam por uma adaptação, tornando-os membros do outro ser. Esse comportamento não ocorre na versão mais atual da poética.

Contudo, considerando-se as modificações de balanceamento e a necessidade de se fixar os atributos dos agentes em seus genótipos, esse comportamento não ocorre nas versões atuais do sistema. Portanto, as criaturas presas em linhas inimigas ou de seus pares mantêm a sua composição, contribuindo para a variabilidade genética do ambiente da Morfogênese. Essas situações são ilustradas pelas Figuras 96 e 97.

Um comportamento inesperado da poética é também ilustrado pela Figura 98, no qual agentes irmãos, que se prenderam mutuamente, se condenaram à morte por não poderem mais se deslocar pelo ambiente para se alimentar ou acasalar.

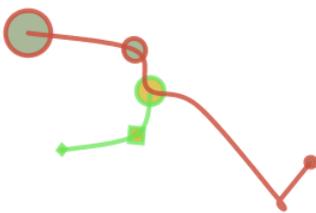


Figura 96: indivíduo preso no terceiro ponto do corpo de um semelhante na versão mais atual da poética.

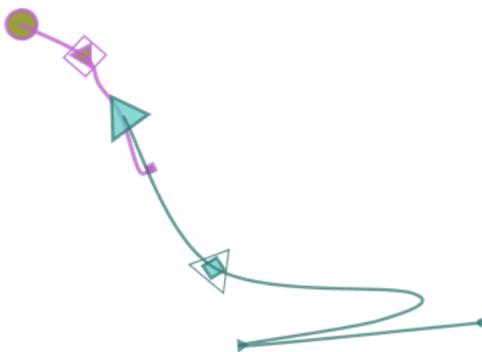


Figura 97: indivíduo preso no terceiro ponto do corpo de um inimigo enquanto é ameaçado por ele, na versão mais atual da poética.



Figura 98: outra possibilidade ocasionada pelo uso das linhas: indivíduos irmãos presos um ao corpo do outro em um abraço da morte do qual não podem escapar.

Assim se encerram os comportamentos endógenos de colisões possíveis entre os agentes. Os comportamentos são simples quando descritos individualmente, mas são capazes de gerar resultados inesperados pelos interatores quando visualizados em conjunto. A complexidade visual e sonora das situações iniciais da aplicação vai sendo, aos poucos, substituída pela harmonia dos agrupamentos colaborativos. Ao mesmo tempo, o interator passa a perceber as pequenas diferenças no *feedback* visual das criaturas em contextos distintos dos agentes. Nesses momentos, espera-se que ele seja capaz de realizar inferências sobre a situação do ser, em uma relação de empatia. Uma situação configurada exclusivamente pelas interações endógenas ocorridas no sistema, a partir das regras descritas, é ilustrada pela Figura 99.



Figura 99: situação de auto-organização do sistema, ocorrida exclusivamente a partir das suas interações endógenas, apresenta o conflito entre agentes triangulares e circulares.

No tópico a seguir, são discutidos os aspectos da poética externos aos seus agentes computacionais, como o seu ambiente, o seu processo de balanceamento e as suas possibilidades de interações exógenas.

3.3 O mundo além dos indivíduos

Foram apresentadas as características inter e intraindividuais dos agentes geométricos presentes na poética, detalhadas a partir das linhas que constituem os seus corpos até os seus comportamentos complexos de socialização. Dentro da lógica de desenvolvimento empregada na construção da Morfogênese, todos os comportamentos descritos e suas funções associadas estão organizados em um componente da classe das criaturas. Apesar de ser claramente o maior

conjunto de código da aplicação, outros componentes são importantes para o seu funcionamento, como o conjunto de seus métodos principais, seu ambiente e os seus controles com dispositivos de entrada. Por isso, nesse momento são detalhados os aspectos externos aos indivíduos, relacionados às suas questões coletivas e o seu espaço. São abordadas três questões principais, o ambiente no qual os agentes são inseridos, os ajustes de balanceamento realizados para o sistema e as possibilidades de interações exógenas implementadas para que os interatores experimentem a poética.

3.3.1 O éter dos agentes geométricos

Em um tempo já distante, filósofos e físicos acreditavam que o éter, um fluido hipotético, era a substância que ocupava todo o Universo. Um vazio indetectável, sem massa ou volume, incapaz de gerar atrito, mas que sustentava o Universo inteiro. Inspirado em suas características é o ambiente proposto para as criaturas da Morfogênese. O espaço ocupado pelas formas geométricas não possui propriedades que interferem nos comportamentos dos agentes. Não há atrito, não há obstáculos, não há nenhum objeto que interfira em seus deslocamentos. Assim como o éter, existe apenas a suspensão dos seres e a transmissão da luz emitida pela sua presença.

Por isso, as texturas da poética são concebidas unicamente a partir do conjunto de indivíduos que ocupa o espaço. As suas áreas vazias ou permeadas por tramas dinâmicas são reflexos exclusivos de seus comportamentos, e nada mais. Como todos os comportamentos dos agentes seguem a lógica do Movimento *Browniano*, as áreas se tornam um mapa de probabilidades, que variam de acordo com as propriedades de cada criatura. Por isso, os espaços lisos e estriados (DELEUZE & GUATTARI, 2000b) de seus cotidianos são espelhos perfeitos da sua existência e da maneira como se comportam.

Entretanto, apesar da trama invisível de possibilidades existentes, o plano de fundo precisa ser visto pelos interatores e é também um componente importante de sua composição. Foram elaboradas sete possibilidades de apresentação do plano de fundo na Morfogênese:

- Uma versão dinâmica colorida que adota média das cores dos agentes presentes na cena;
- Uma versão dinâmica colorida que adota somente média das cores dos agentes vivos da cena;
- Outra versão colorida que adota a cor inversa da média das cores dos agentes presentes na cena;
- Uma versão dinâmica monocromática;
- Uma versão estática em preto;
- Uma versão estática em branco, com diferentes opções de visualização dos agentes;
- Uma versão dinâmica com a utilização de uma imagem de câmera em tempo real.

A sua versão preferencial, utilizada como padrão ao se inicializar a aplicação, é a versão dinâmica colorida. Nela, a cor do fundo é determinada como uma média da cor de preenchimento de todos os indivíduos existentes, estejam eles vivos ou mortos. Para tanto, são utilizadas variáveis temporárias que somam as cores de cada criatura em um *loop* que passa por todos os indivíduos. Para que a conta funcione a cada quadro, esses valores são zerados no início do código. Em seguida, o valor é dividido pelo número total de sujeitos existentes, originando a média. Esse procedimento ocorre para cada uma das variáveis que compõem o sistema de cor RGB independentemente.

As outras possibilidades de planos de fundo com cores dinâmicas descritas, como a variação originada somente por média de agentes vivos do ambiente,

assim como a versão em que é empregada a cor inversa da média dos agentes, utilizam uma função similar à descrita. No primeiro caso, um condição checa o estado de vida dos agentes antes de realizar a soma. No segundo, a cor final é subtraída de 255, o seu valor máximo no espaço de cores do sistema RGB, tornando a cor exibida a sua versão inversa.

Nessas versões, pelo fato da cor ser determinada por uma média, existe sempre uma tendência a tons terciários, que se aproximam do cinza quando há uma grande variedade de cores na tela, ou criam composições em tons semelhantes em casos de colônias com padrões cromáticos mais definidos. Em sua versão principal, quanto maior for a presença de sujeitos mortos no ambiente (que possuem tons de cinza), menor é a saturação da cor do fundo. Isso ocorre porque ela é acrescida de preto e branco dos corpos cinzas imóveis das criaturas mortas, reduzindo a intensidade do matiz da cor de fundo.

Para evitar uma mudança muito brusca da cor do fundo e reduzir o efeito de *flickering*, o movimento de *easing* também foi aplicado à mudança da cor do fundo. Dessa maneira, as mudanças são mais sutis, acelerando a sua velocidade apenas em casos de variações mais bruscas. Ela ocorre quando o fundo é mudado dinamicamente, pela alteração das situações dos agentes, ou manualmente, entre as versões disponibilizadas para a sua configuração pelo artista/pesquisador. As Figuras 100 e 101 ilustram exemplos de composições cromáticas para o plano de fundo a partir da organização dos agentes na versão principal da Morfogênese.

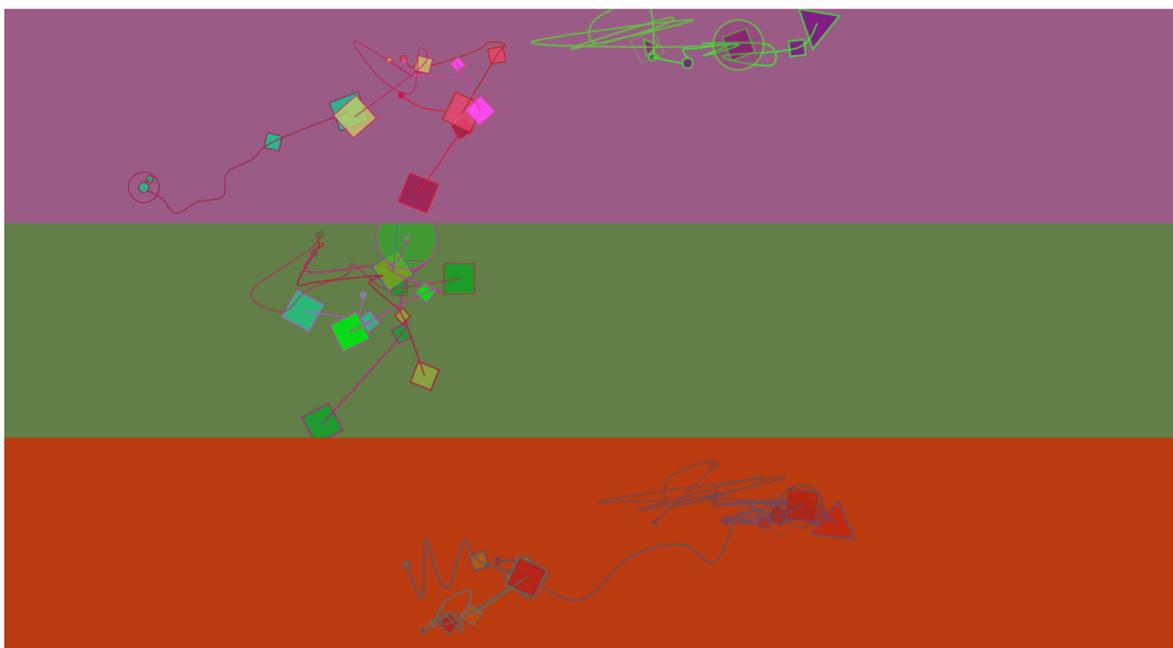


Figura 100: três exemplos de composições com cores de fundo dinâmicas, geradas a partir da média das cores de cada indivíduo.

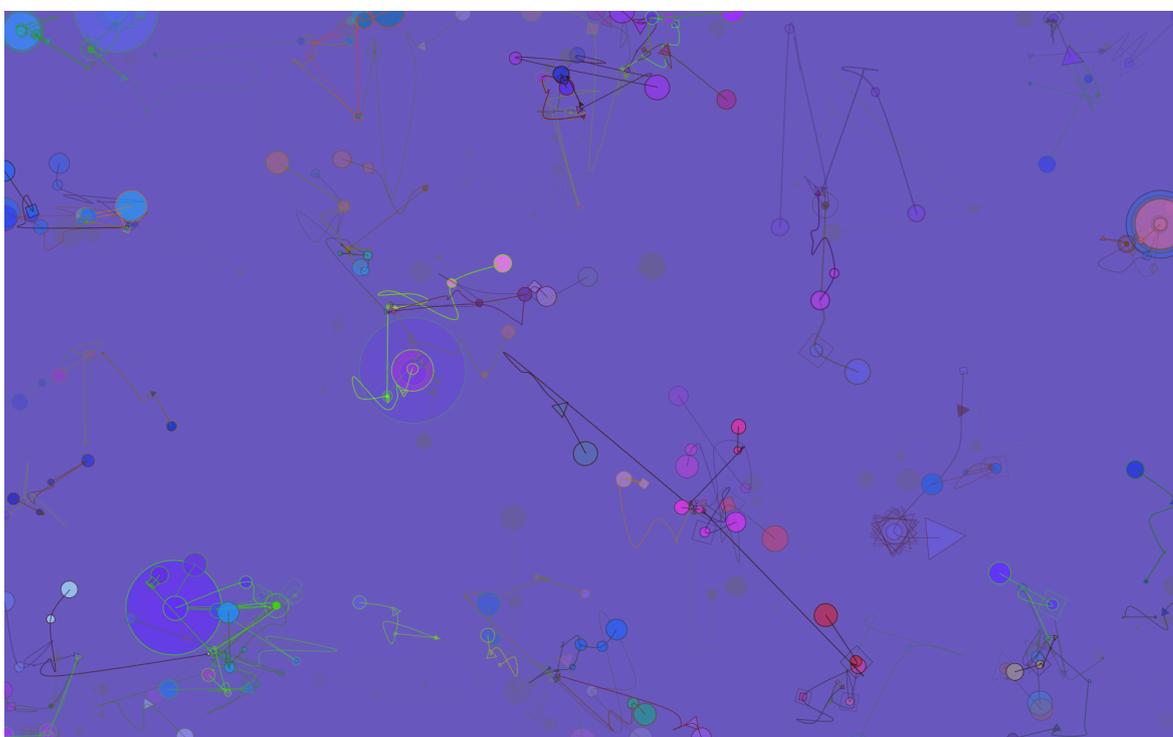


Figura 101: composição que apresenta a cena inteira e cor de plano de fundo dinâmica, gerada a partir da média das cores de cada indivíduo.

O resultado obtido permite uma variedade maior das composições, tornando o resultado mais interessante do ponto de vista estético. Com isso, as situações também passam a ter um pouco mais de identidade, sugerindo ao interator, no primeiro instante de contato com a poética, uma espécie de visão macro da situação atual da disputa dos agentes. Ainda, as composições com contraste menor acabam gerando um efeito estético mais conveniente em termos de variabilidade para os estados da Morfogênese, fazendo com a presença de cada indivíduo altere o meio em que vive, agora de maneira visível. Além disso, ao se retomar a poética das batalhas celulares sugerida, abordando-se a questão da imposição da cor, nada mais coerente do que a possibilidade de visualização da cor dominante pela mistura de suas unidades.

Contudo, em alguns momentos, pode ser interessante para o artista/pesquisador configurar o ambiente da Morfogênese com um contraste maior entre os seus agentes e o meio. A avaliação estética dos arranjos também podem ser favorecidas por essas composições, que apresentam uma maior visibilidade o número de agentes presentes no sistema, pois nos casos com menos contraste, essa avaliação pode ficar prejudicada. Para permitir essa situação de configuração, foi implementada a versão dinâmica do plano de fundo que adota a cor inversa da média cromática dos agentes. Essa versão é ilustrada pela Figura 102.

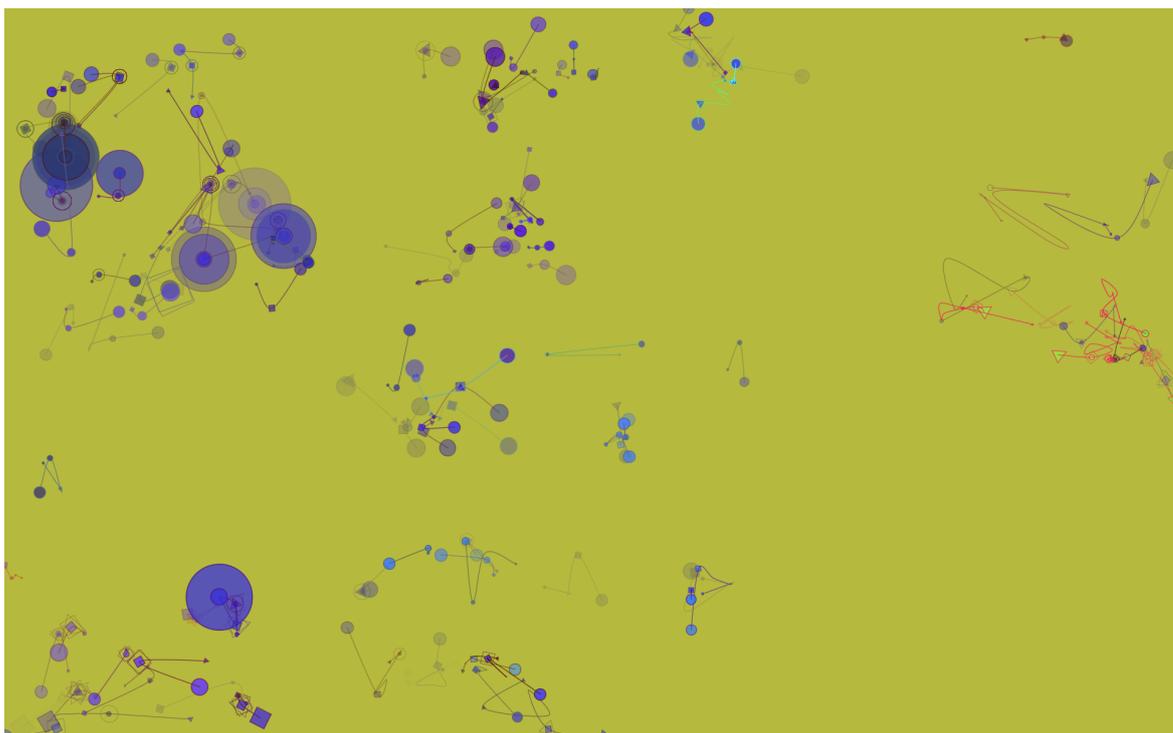


Figura 102: composição que apresenta a cor dinâmica de plano de fundo gerada a partir da inversão da média das cores dos indivíduos.

A possibilidade de adotar a média das cores somente de agentes vivos confere à cor do plano de fundo um nível de saturação maior. Ela foi desenvolvida para testes em situações de composições específicas da poética, na qual o número de criaturas mortas no ambiente é muito alto, tornando a cor acinzentada. Um exemplo dessa situação pode ser visto pela Figura 103.

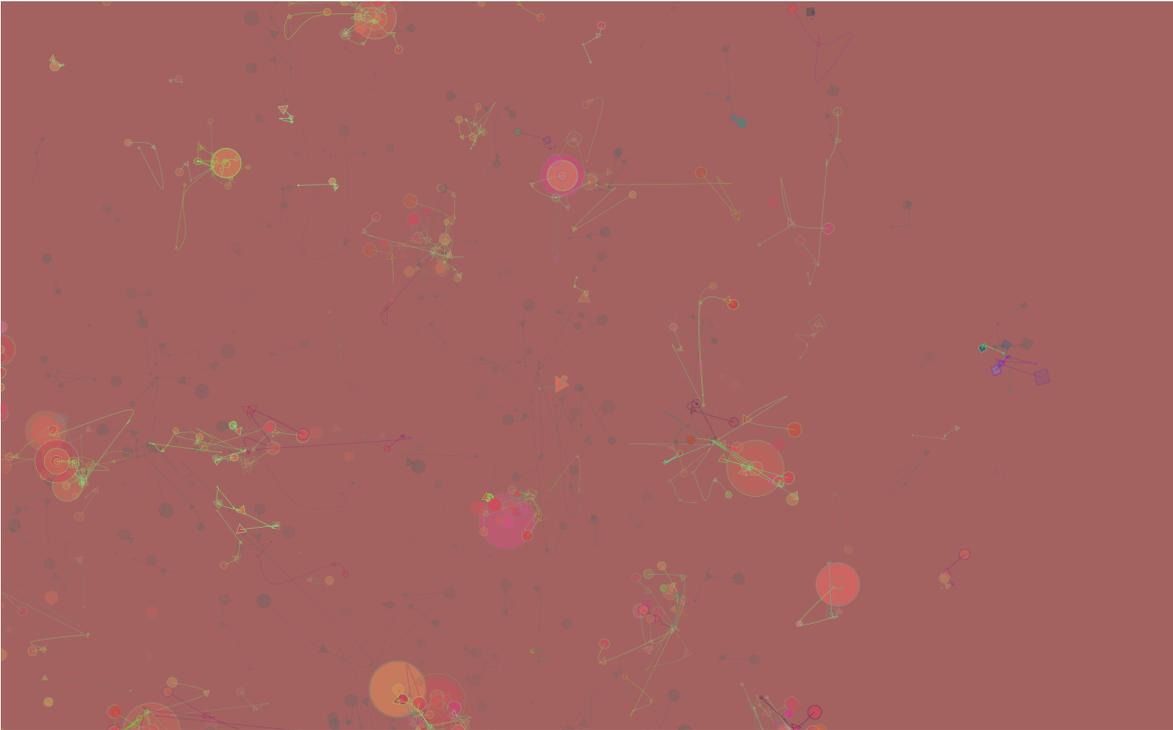


Figura 103: composição que considera apenas as cores de agentes vivos no ambiente para determinar a cor do plano de fundo.

Já a versão dinâmica monocromática funciona de maneira independente das criaturas. Ela consiste em um efeito de oscilação entre o branco e o preto, passando lentamente por diversas gradações de cinza. Esse efeito simula a passagem do dia e da noite, gerando a noção de tempo transcorrido para o interator. Seguem alguns exemplos dos tons de cinza gerados nessa opção de fundo, ilustrados pela Figura 104.

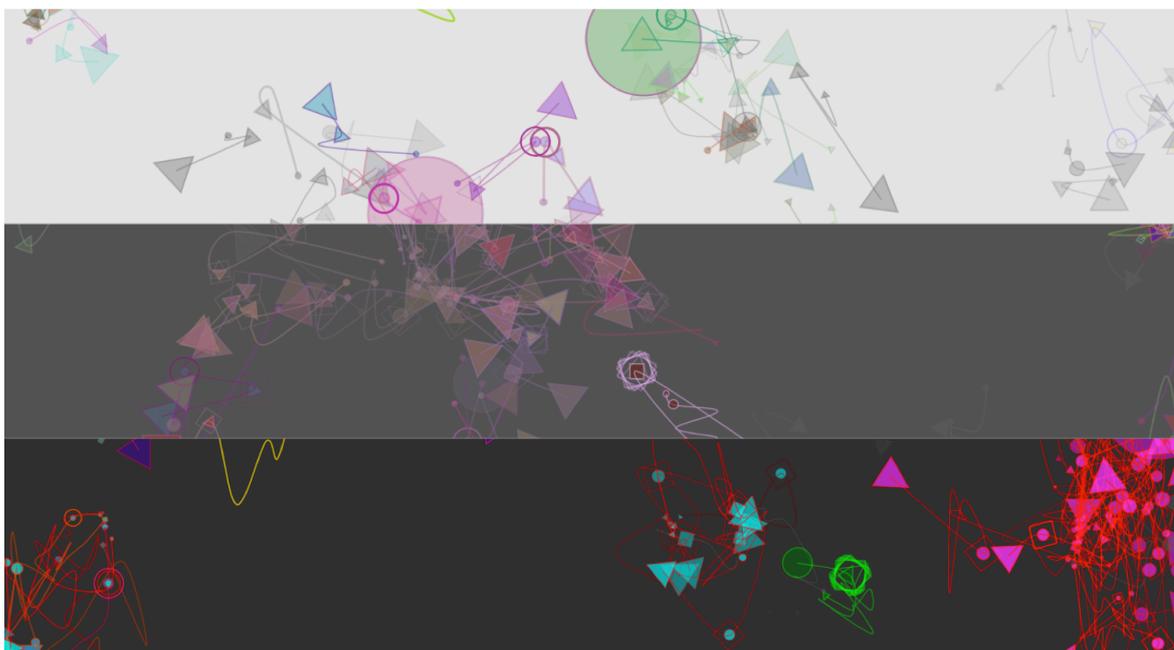


Figura 104: três exemplos de composições com tons de cinza gerados dinamicamente em seu plano de fundo.

Conforme descrito, as versões estáticas em preto e branco do plano de fundo também estão presentes em seu código. Elas são definidas pela instrução direta contida no código, que redireciona o movimento de *easing* para o seu destino estático. O fundo preto permite um contraste melhor entre as cores mais vivas, tornando-as mais brilhantes. Ele insinua a profundidade do plano, demonstrada na composição ilustrada pela Figura 105. Já a versão em fundo branco, sugere melhor a metáfora do uso de canetas hidrográficas (as canetinhas infantis) coloridas em papel, situação ilustrada pela Figura 106.

Contudo, ainda existem outras possibilidades de aplicação do fundo branco na poética, relacionadas aos estados dos seus agentes computacionais. Na primeira, todos os agentes são representados apenas pelas suas silhuetas, evidenciando-se as suas formas e composições espaciais. Na segunda, de maneira oposta, são evidenciadas apenas as suas cores de preenchimento (sem a cor de contorno). Elas são empregadas em situações específicas de uso da câmera, que permite que a Morfogênese componha uma ilustração figurativa a partir de seus deslocamentos, detalhadas mais adiante. Exemplos desses dois tipos de composição podem ser vistos nas Figuras 107 e 108.

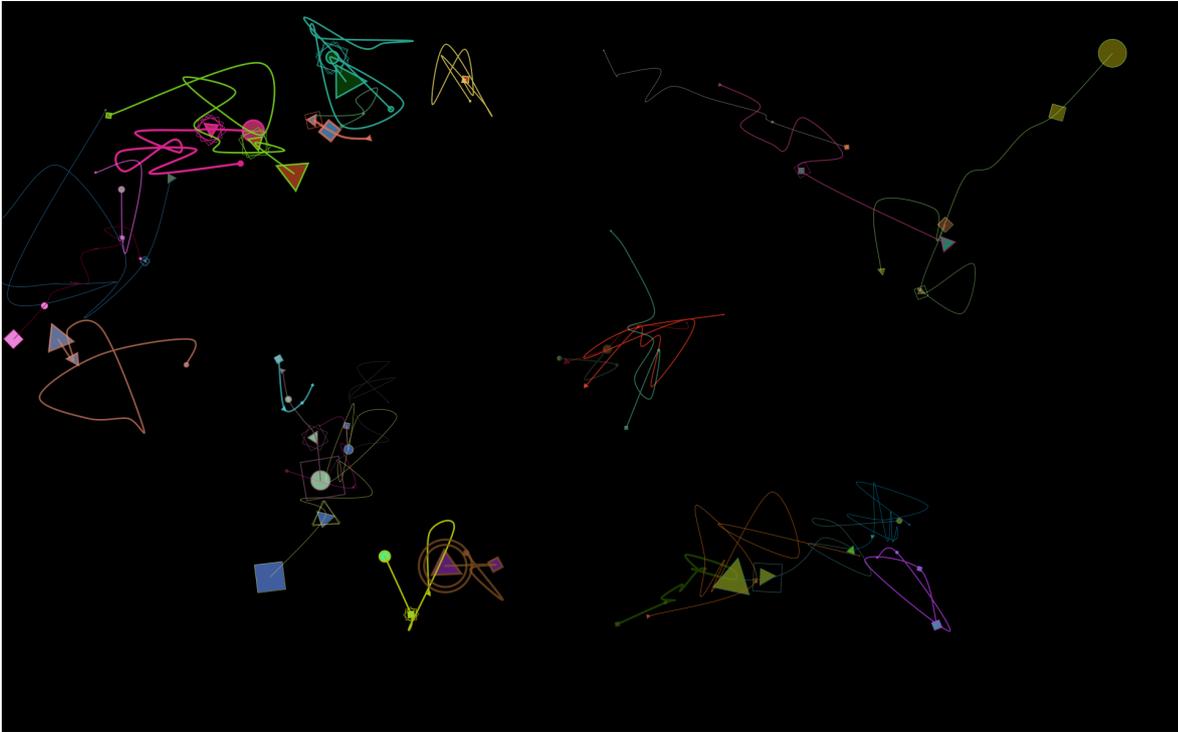


Figura 105: composição com uso de preto em seu plano de fundo.



Figura 106: composição com uso de branco em seu plano de fundo.

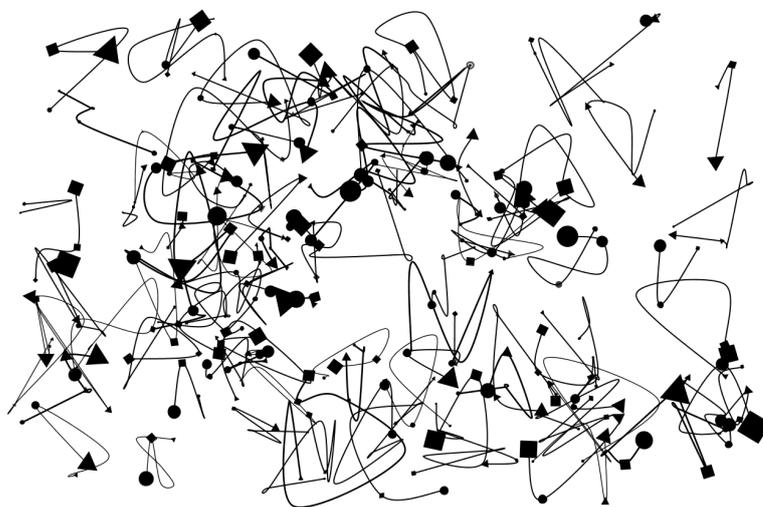


Figura 107: composição com fundo branco apresentando somente a silhueta dos agentes.



Figura 108: composição com fundo branco e agentes que deixam um rastro de desenho na cena, utilizada para fazer ilustrações randômicas ou baseadas em uma imagem real.

Finalizando as possibilidades de variações de plano de fundo da Morfogênese, também existe a versão que permite ao interator visualizar o seu próprio ambiente por meio de uma câmera. Ela torna a percepção do espaço dos agentes como uma camada que se sobrepõe à imagem capturada. Essa variante pode ser empregada de maneira independente ou vinculada à outras funcionalidades de comportamentos dos agentes, como as possibilidades de se camuflar na cor de fundo, ou procurar pela cor mais próxima da sua na imagem gerada. Exemplos dessas possibilidades de aplicações distintas são apresentados mais adiante. A Figura 109 apresenta uma situação da Morfogênese com a imagem capturada pela câmera como plano de fundo.

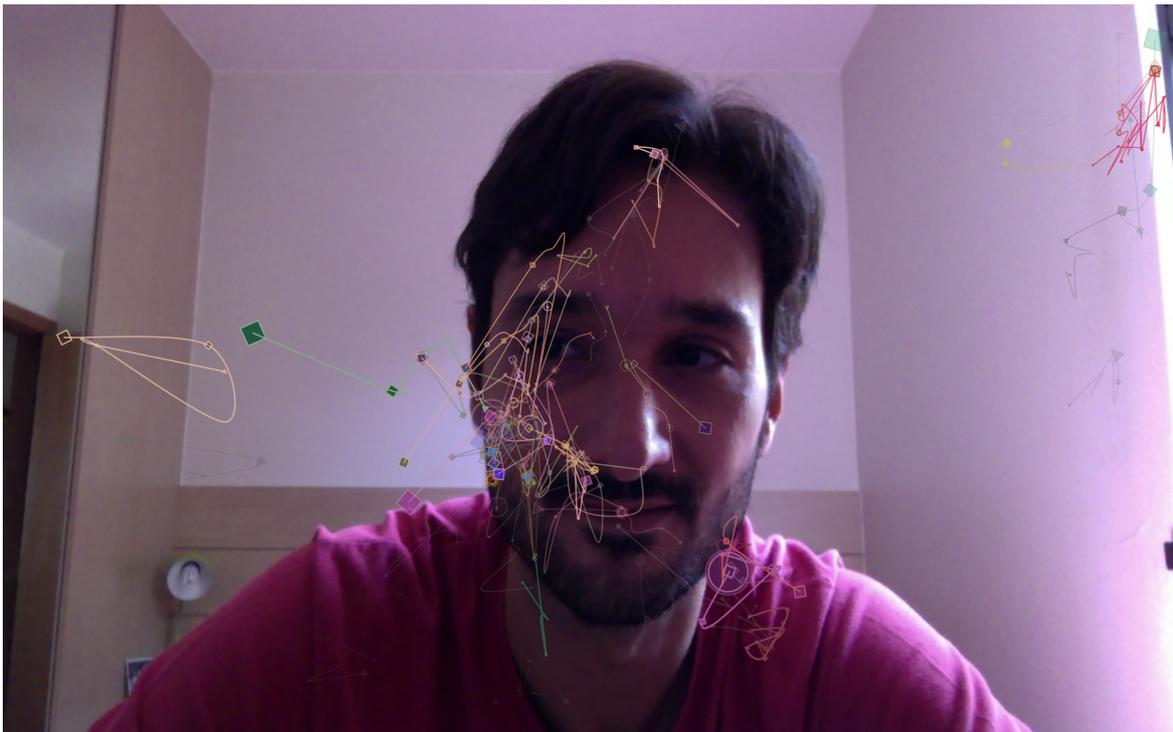


Figura 109: composição com plano de fundo que apresenta uma imagem obtida pela câmera. Os agentes analisam a imagem pela sua afinidade cromática.

Todas as versões podem ser utilizadas em contextos específicos de apresentação da Morfogênese, podendo ser configuradas em tempo real de

execução da aplicação. A alternância dessas possibilidades de visualização ocorrem devido à presença de uma condição que avalia o seu estado. A mudança é realizada a partir do acionamento da tecla “b”. O código com os comandos relativos à mudança são apresentados mais adiante, juntamente com as opções de personalização a partir de teclas de atalho.

Uma outra questão associada à visualização do ambiente da Morfogênese é a escala utilizada na renderização dos seus quadros. Quando a aplicação é lançada, a sua configuração padrão é o uso de uma escala automática. Isso significa que a o dimensionamento de todo o ambiente varia de acordo com o número de criaturas vivas presentes no momento. A escala possui uma relação direta com os espaços de interação das criaturas, considerando-se que não há a possibilidade de deslocamento dos seres fora da área visível na tela. Por isso, a variação do local interfere na probabilidade de encontro entre os indivíduos, limitando o seu espaço de ação.

Quando poucos seres estão vivos, a escala tende a 100% (*pixels* renderizados em 1:1), mostrando sujeitos maiores confinados em um lugar menor. Quando muitas criaturas estão vivas, a escala tende a reduzir, aumentando o espaço disponível na tela para que elas se desloquem e se acomodem. Quando o número de indivíduos for próximo a 200, um limite comum considerando-se as configurações de *hardware* das máquinas utilizadas, a escala tende a 34%, ou seja os seres são renderizados a um pouco mais de um terço do seu tamanho original, aumentando o espaço disponível na tela.

A partir do comportamento estabelecido para a cor do plano de fundo e as escalas de renderização da Morfogênese, foram descritas as características de seu ambiente etéreo. Contudo, a relação das criaturas entre si no ambiente programado demandou uma série de ajustes no comportamento do sistema. Essa fase de balanceamento do sistema é descrita a seguir.

3.3.2 Refinamentos poéticos

Durante todo o relato foram apresentadas questões relativas aos momentos de balanceamento da Morfogênese. Conforme descrito, essa foi a fase mais longa de elaboração do sistema. Isso ocorreu devido ao caráter ascendente do método adotado, que foi empregado visando-se propiciar as possibilidades de emergência da poética. Entretanto, conforme discutido no contexto atual da Arte Computacional Evolutiva (1.3), a busca pela emergência, inspirada na evolução, demandou uma sequência de passos que se destacam durante os ajustes do sistema. Ele está relacionado à expressão das camadas de emergência pela evolução do sistema computacional proposto.

No caso da Morfogênese, um nível intermediário de controle e emergência foi escolhido. Nos seus momentos iniciais, os agentes atuam de maneira individual e menos intencional devido a sua disposição randômica. Com o tempo, eles passam a evoluir a sua capacidade de interagir com os outros agentes, criando grupos que se desdobram em grandes colônias. Essas, por sua vez, tendem a atuar como uma entidade coletiva, favorecendo a sobrevivência dos seus agentes e lutando contra grupos de agentes inimigos.

As Figuras 110 e 111 ilustram duas situações de dominação distintas. Na primeira, os agentes circulares que sobreviveram à conquista do espaço impõem as suas cores e formas em uma grande colônia que se espalhou pelo ambiente. Na segunda, gerações após a dominação do espaço, os agentes formam grupos coloridos de sub-colônias que perderam o contato ao longo do tempo.

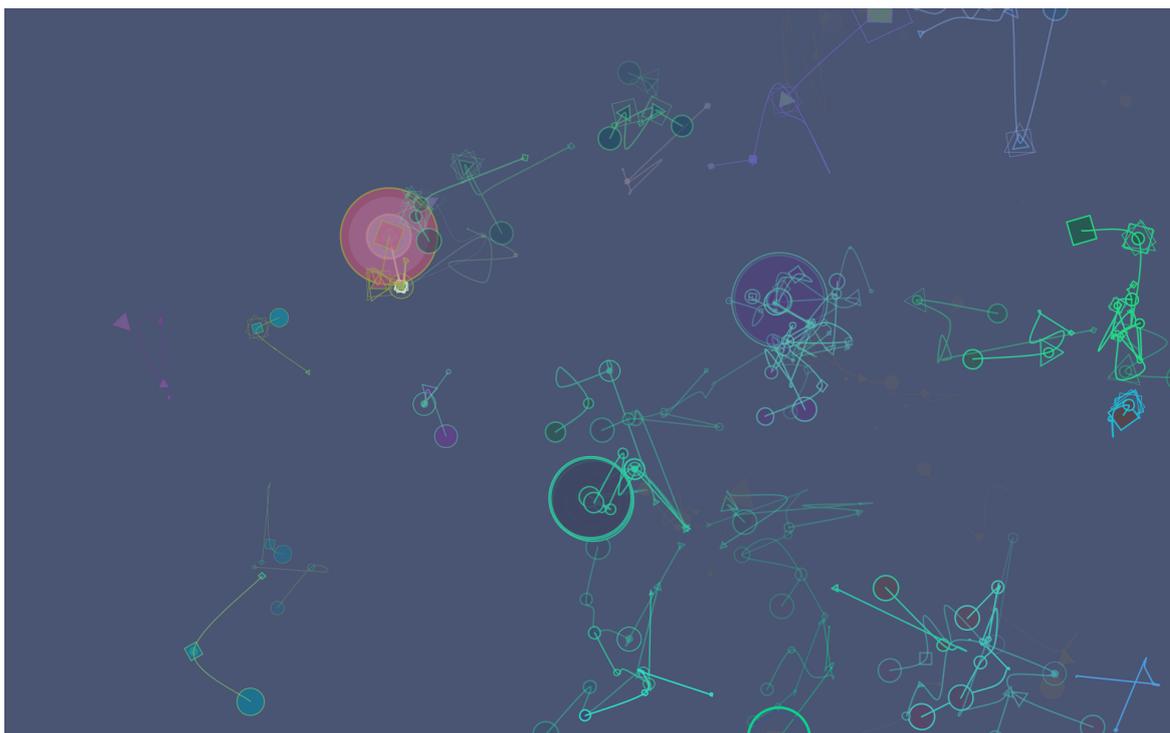


Figura 110: grupos de agentes lutando para dominar o ambiente.



Figura 111: ambiente dominado por um grupo, que se subdivide em grupos menores.

Em situações menos frequentes, as colônias agem como uma entidade, caçando outros agentes ou grupos de agentes pelo ambiente. Em outros momentos, se tornam mais estáticas, concentrando-se na reprodução de seus agentes internos, e depois voltam a caminhar pelo ambiente. Contudo, escalas maiores de emergência ainda não haviam sido observadas na poética. Na Figura 112, é apresentada uma colônia de triângulos que se dividiu ao meio para atacar grupos de inimigos distintos.

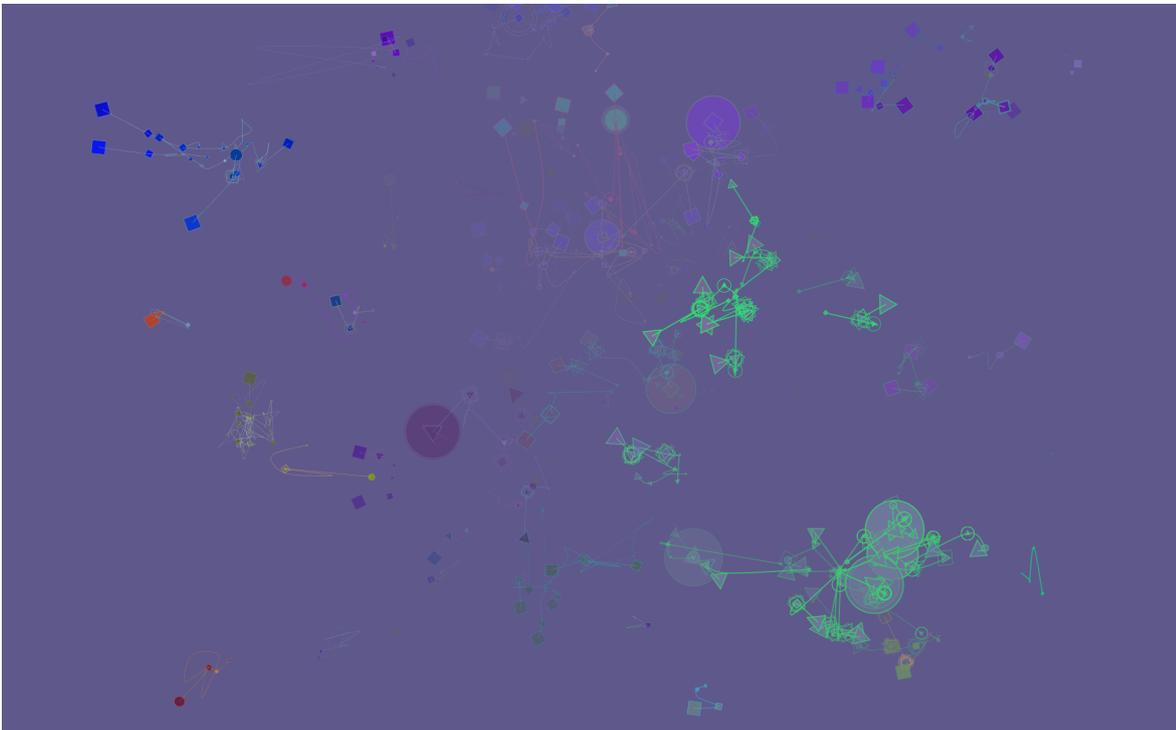


Figura 112: grupo colaborativo de triângulos atuando em conjunto se divide em dois para eliminar o grupo de retângulos em direções opostas.

Contudo, nas versões já desenvolvidas da poética, apresentadas anteriormente e já publicadas (SILVA, 2012a; 2012b; 2012c; 2013), diversas incoerências foram identificadas. As principais mudanças ocorreram a partir das reflexões propostas por Galanter, descritas na primeira seção (1.3). A crítica mais importante dirigida às versões antigas da Morfogênese refere-se o caráter

dinâmico de diversas características dos agentes computacionais. Elas deveriam ser representadas como os fenótipos das criaturas, mas se apresentavam de maneira inconsistente, quando comparadas à natureza. Isso porque as variáveis das criaturas relacionadas às formas, cores e sons eram compartilhadas dinamicamente em situações distintas, como os grupos colaborativos ou as teias de submissão, conforme descrito anteriormente.

Essas regras foram utilizadas para promover um rápido arranjo com combinações mais agradáveis em tons próximos para os seus iteradores. Entretanto, com o tempo esses atributos deixam de ter algum significado para a poética devido à sua dinamicidade. As criaturas deixam de apresentar uma identidade própria e as composições se transformam em resultados randômicos, incapazes de expressar o seu processo evolutivo. A Figura 113 demonstra uma composição concebida com essas características.

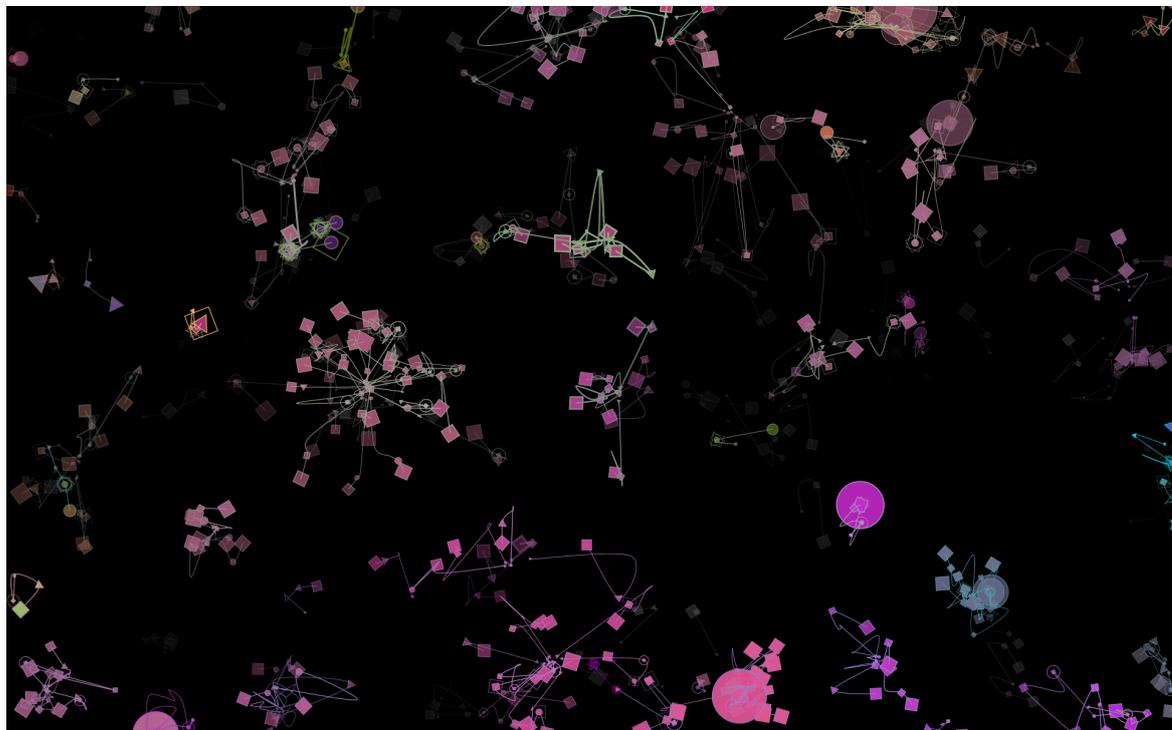


Figura 113: ambiente tomado por grupos – as cores são homogêneas dentro dos grupos e não possuem nenhum outro significado associado devido ao seu processo de constituição.

O problema é ainda maior do que o que pode ser percebido superficialmente. As informações genéticas transmitidas aos seus descendentes, a partir dos cruzamentos realizados, se torna também dinâmica. Isso ocorre porque ela é definida no estado atual dos agentes no momento do acasalamento. Dessa forma, o processo de seleção natural se torna incapaz de acumular uma vantagem fenotípica a ser transmitida por meio dos genes. O Darwinismo acaba sendo anulado à longo prazo no código da Morfogênese.

Para resolver o problema, todos os códigos relativos ao compartilhamento dessas variáveis tiveram que ser apagados do sistema. Dessa maneira, todas as características do corpo emergente das criaturas passam a ser estáticas, mantendo-se a identidade do agente ao longo do tempo. Além disso, promove-se uma atribuição de significado com relação ao seu espaço genético. Esse foi um procedimento difícil de ser visualizado inicialmente como uma solução ao problema devido à aproximação afetiva do autor com a poética. Os códigos relativos ao compartilhamento de cores e sons se mostravam como uma organização viva, ocorrida muito rapidamente na cena. Infelizmente, após o momento em que ocorreu, seu efeito se tornava imperceptível para os interatores. Considerando-se que a poética não foi produzida para ser reinicializada a cada contato com um interator, esse processo se tornou inviável.

Assim, o procedimento de eliminação dos compartilhamentos se mostrou fundamental para o significado idealizado para a experiência estética dos interatores. As formas, cores e sons passaram a adquirir um significado voltado para a experimentação do processo evolutivo: o parentesco e a presença de ancestrais comuns. Assim, ao visualizar um arranjo específico da Morfogênese, os traços de distribuições genéticas podem ser compreendidos de maneira mais clara, conforme ilustrado pela Figura 114.

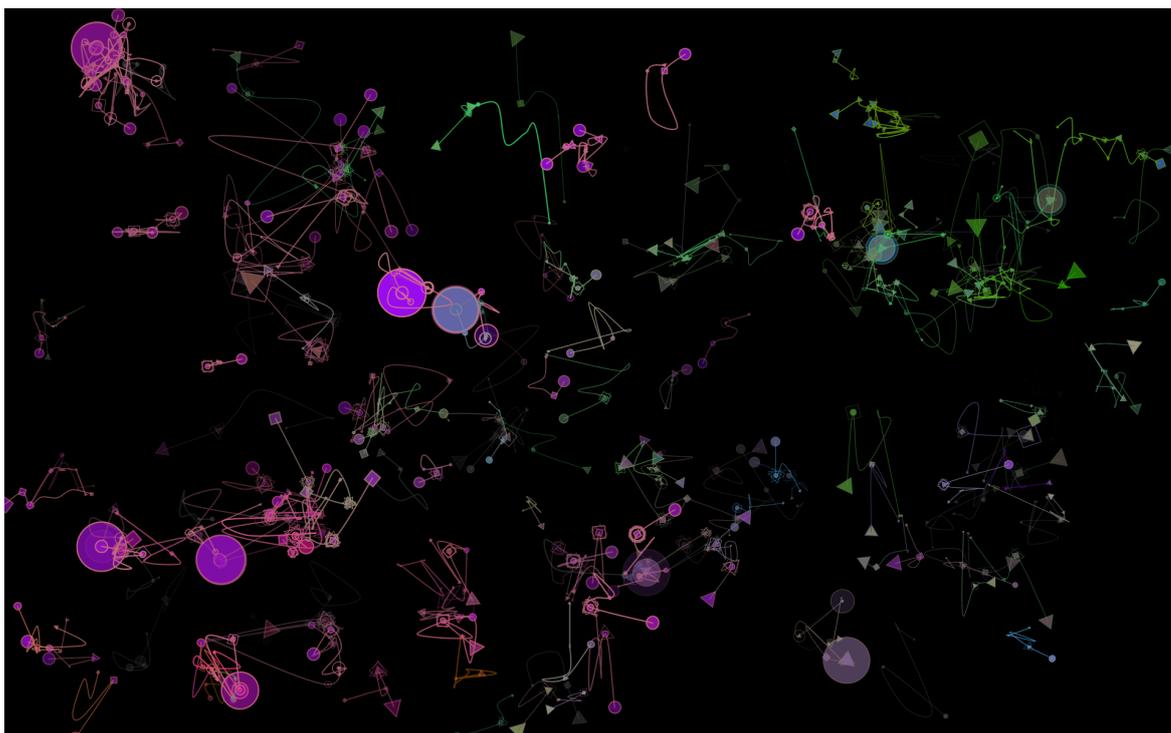


Figura 114: as cores em comum representam graus de parentesco entre os agentes.

Além dessas alterações, todas as condições que permitiam a um agente variar o tipo de reação em cada situação (a sua pré-disposição) também tiveram que ser eliminadas. Elas eram definidas por muitos fatores situacionais distintos e de maneira indireta, não sendo características transmitidas geneticamente ou pelo contato entre os agentes. O seu efeito diluía as vantagens de cada agente, nublando o processo de seleção natural por meio de um efeito randômico.

A partir dessas modificações implementadas no sistema, uma outra questão importante passou a ser percebida ao se analisar o comportamento dos agentes. A distribuição genética entre os indivíduos da população tende a uma distribuição normal com o passar do tempo, como já era esperado. Nessas versões, o processo de definição dos novos genes era realizado por uma média das informações contidas no DNA dos pais, simulando o efeito de uma série de genes quantitativos nos animais, como a cor da sua pele.

Quando o sistema tinha um tempo de execução maior, o efeito resultante desse formato de cruzamento era um encurtamento da curva normal da

distribuição genética da população. Esse efeito reduziu consideravelmente a possibilidade de avanço efetivo no espaço genético dos agentes, limitando a emergência de novas situações e reduzindo a diversidade genética ao longo do tempo. Esse efeito pode ser percebido na Figura 115.

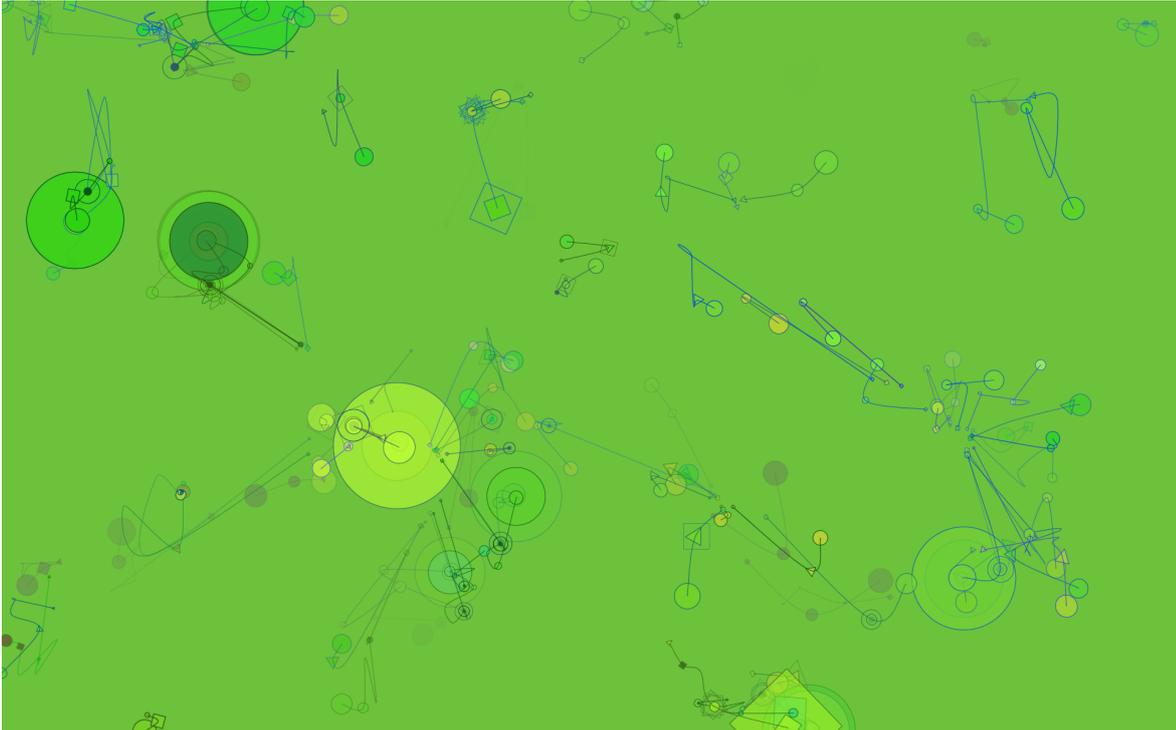


Figura 115: a população presente nessa composição demonstra como a variabilidade genética tende a diminuir ao longo das gerações em versões antigas da Morfogênese.

Para resolver essa questão, o processo de cruzamento foi completamente revisto. Buscando-se inspiração na natureza mais uma vez, as criaturas passaram a ter o DNA formado por um par de genes para cada atributo. O efeito de fenótipo ocorre pela consideração do par completo, como uma soma. Durante o acasalamento, um processo de recombinação é realizado, no qual cada unidade do par de genes tem 50% de chance de ser transmitida por cada pai, mimetizando o processo de produção dos gametas nos animais.

A recombinação do DNA é um dos grandes segredos da manutenção da vida pela variabilidade genética. Ela permite a permanência da vida ao longo das

gerações ao mesmo tempo que possibilita a extrapolação da manifestação fenotípica dos pais, combinando a variabilidade em grandes passos com a coerência necessária aos saltos curtos, conformando um processo necessários à evolução das espécies. A Figura 116 demonstra a possibilidade de arranjos com uma maior variabilidade genética ocorrida ao longo do tempo, assim como na própria distribuição das suas características em grupos de agentes.



Figura 116: a combinação de genes torna a distribuição de cores mais orgânica e atraente.

A partir das modificações apresentadas, alinhadas a um ajuste no processo de mutações genéticas, os resultados se tornaram evidentes. Arranjos mais sofisticados podem ser percebidos na Figura 116, com distribuição de cores e sons de maneira mais orgânica, e não organizada pelos grupos. A percepção dessas regras por parte do interator também ficou menos provável, de modo que não basta ser um grupo para compartilhar a mesma cor. Assim, espera-se evitar o efeito causado pelos primeiros experimentos estéticos dessa natureza, como os algoritmos de fractais, que se tornam óbvios mais rapidamente aos olhos das

pessoas.

Talvez seja essa a resposta à questão colocada por Galanter. A experiência estética da Arte Computacional Evolutiva deve remeter à evolução. A evolução ocorre em pequenos passos, de maneira acumulada. Assim, diferentes camadas de emergência se tornam possíveis. No caso da Morfogênese, os arranjos devem se tornar interessantes e ser distribuídos de maneira a representar a diversidade como se apresenta na natureza. Os agentes significam fundamentos de linguagem, e as suas características comportamentais não devem ser óbvias e se desdobrar em um único passo. Pelo contrário, elas devem evoluir por camadas de emergência, e proporcionar essa experiência ao interator.

Espera-se, a partir de ajustes futuros, desvendar novas possibilidades de camadas de emergência em comportamentos coletivos dos agentes e em seus arranjos fenotípicos. Uma possibilidade de estudo se faz na adoção de um Modelo de Complexidade Neuroestética, também proposto por Galanter (2010), no qual a questão sobre o papel da Arte Evolutiva possa continuar a se desenvolver.

Essa foi a etapa de balanceamento mais relevante da Morfogênese. A sua implementação modificou a natureza das cores, formas, linhas e sons percebidos, tornando-os associados a um novo significado e aproximando a sua poética ao contexto de evolução. A seguir, são apresentadas as possibilidades de interações exógenas do sistema, que permitem o relacionamento dos interatores com a sua interface. Também são apresentados os ajustes que podem ser realizados pelo artista/pesquisador nas configurações do sistema por meio de variáveis de controle implementadas.

3.3.3 Sobre a vida fora do aquário

A partir dos comportamentos descritos para as interações endógenas dos

agentes da Morfogênese, seus interatores podem experimentar a poética de diferentes maneiras. Primeiramente, eles podem observar os desdobramentos do sistema em seu processo de evolução por meio de monitores ou projeções da sua interface. Entretanto, o seu objetivo enquanto poética é permitir que as pessoas consigam participar de alguma forma desse processo, interferindo no curso de evolução das criaturas.

Por isso, foram concebidas possibilidades de interação que permitem aos interatores agir no universo dos agentes geométricos. A primeira possibilidade de contato com as criaturas microscópicas pode ocorrer com um simples toque em sua tela, que pode ser realizado diretamente na sua interface quando é utilizada uma tela de toque. Nos casos em que a tela de toque não está disponível, o contexto é simulado pelo uso do *mouse* em um computador.

Como resultado, o toque realizado em um espaço vazio da tela faz com que todas as criaturas tentem evitar o ponto de contato, distanciando-se aos poucos. O efeito se assemelha ao toque na água, que pode assustar os peixes mais próximos devido a perturbação do seu meio de sustentação. Já quando o toque ocorre em cima de uma forma geométrica de um indivíduo, um comportamento mais drástico ocorre. A criatura reage negativamente ao contato, como se fosse cutucada. Para gerar esse efeito, o seu som é reproduzido, um círculo com o dobro do seu diâmetro é desenhado em sua cabeça e a sua velocidade automática é aumentada, fazendo com que ele se afaste mais rapidamente do ponto de contato. A soma desse comportamento com a reação ao cursor do *mouse* ou ao toque, permite uma interferência direta do interator no sistema, de maneira que ele pode tentar influenciar o comportamento dos indivíduos, gerando um resultado diferente em sua evolução.

A Figura 117 demonstra o comportamento de dispersão causado pelo toque no éter dos agentes. Como pode ser visto, as criaturas se deslocam em direção oposta ao ponto de toque, ilustrado por círculos com as cores dos agentes provocados. Essa é a opção padrão ativada ao se lançar a aplicação.

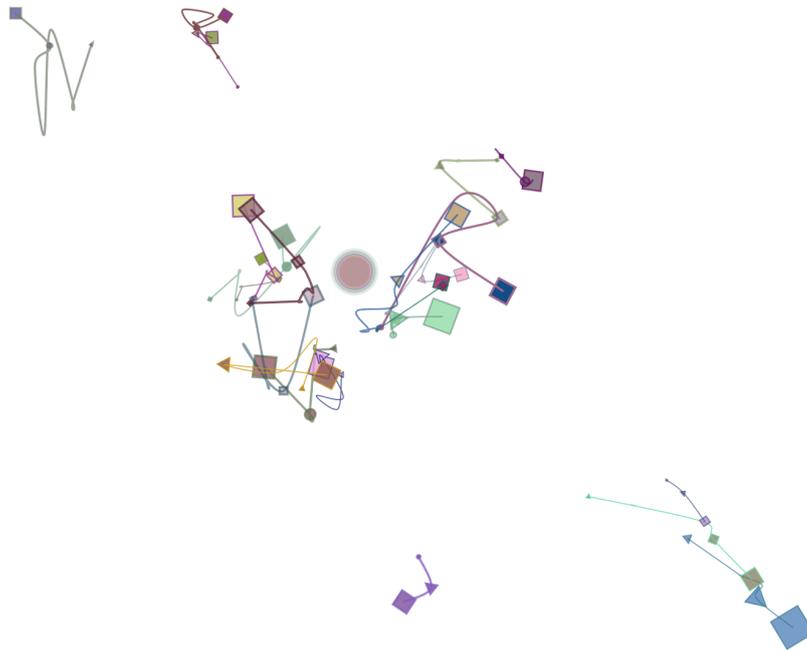


Figura 117: comportamento de fuga causado pelo toque do interator, representado pelos círculos com as cores dos agentes provocados.

Também foi incluída no código a possibilidade de inverter essa relação, fazendo com que o toque na tela ou o ponteiro do *mouse* atraiam as criaturas. O efeito gerado é o de alimentação de peixes, que se aproximam do ponto de toque e acabam brigando para disputar a posição mais próxima. Para realizar o movimento em sentido contrário ao toque, foram utilizadas as variáveis de direcionamento, semelhante aos modelos anteriores que influenciam a direção de seu deslocamento. Esse efeito é ilustrado pela Figura 118, sendo que o toque do interator é representado pelos quadrados com as cores dos agentes provocados.



Figura 118: comportamento de atração causado pelo toque do interator, representado pelos quadrados com as cores dos agentes provocados.

Nesse caso, para evitar o excesso de colisões próximas ao local do toque e causar a morte da maior parte dos indivíduos da cena, o efeito de aproximação ocorre em uma faixa em volta do ponto, parando de atrair os sujeitos quando estiverem muito próximos, conforme pode ser visto na Figura 118.

Para alternar entre esses modos em tempo de execução da aplicação, foi criada uma variável que pode assumir três valores. Assim, os comportamentos de reação ao toque são definidos conforme os estados exibidos acima ou podem ser ignorados, desligando-se essa função. A possibilidade de toque direto no ambiente dos agentes permite que um ou mais interatores experimentem a poética proposta. A imprevisibilidade das consequências de cada ação fazem com que os toques provoquem as pessoas de diferentes maneiras. Elas podem tentar proteger algumas criaturas, transformar os rizomas de suas composições ou mesmo agir livremente, experimentando os desdobramentos visuais e sonoros consequentes.

Mas esse não foi o único tipo de interação elaborada para a aplicação. Um

outro nível de controle também foi desenvolvido para a Morfogênese, no qual a maneira como o interator se relaciona com a poética é bastante diferenciada. Ela prevê a possibilidade de personificação de um dos agentes pelo interator, gerando um novo ponto-de-vista para a sua experiência estética. Para interagir com a sua interface, são propostos dois dispositivos de entrada: o uso de *joysticks* ou por meio de teclas de controle “w”, “a”, “s” e “d”, detalhadas mais adiante. Para tanto, foi utilizado um controle de *Playstation 3*, configurado no sistema operacional *Mac OSX 10.8* com o uso do aplicativo *Joystick Mapper*, disponibilizado na *Apple App Store*.

O uso desse tipo de dispositivo de entrada permite ao interator uma vivência particular, com o controle mais natural de movimento de um indivíduo. Durante esse tipo de contato, é atribuída aleatoriamente ao jogador uma vida artificial. Ele pode tentar guiar a sua criatura para que ela consiga sobreviver ao ambiente, gerando colônias ou cruzando, evitando os seus inimigos mais fortes. Ao morrer, uma nova forma é atribuída ao jogador, que pode interagir por tempo indeterminado com o sistema.

Esse novo tipo de interferência gera desdobramentos diferenciados com relação à observação passiva ou a interação simples por toque direto. Como as outras variáveis responsáveis pelo movimento do indivíduo continuam ativas, o jogador sente o efeito de “medo” ou “atração” do ser controlado mais diretamente, como se houvesse uma resistência por parte da criatura em seguir as suas orientações. Assim, não há uma noção de controle absoluto do agente, mas uma sensação de que a criatura é puxada por uma coleira, mas continua avaliando o ambiente por conta própria. Essa versão se mostrou mais interessante em termos de experimentação cinética do que a simples adoção de um controle total do agente avatar. Ainda, quando as criaturas estão em fase de acasalamento, ou presas em linhas de outros seres, o seu movimento é limitado, transmitindo-se ao interator as condições dos agentes e as dificuldades em se viver no universo microscópico proposto. Um desenho que ilustra a situação de controle do avatar por meio do *joystick* é apresentado pela Figura 119.



Figura 119: simulação que ilustra o uso de um *joystick* de *PS3* para o controle de um indivíduo na Morfogênese, destacado pelos três círculos em sua cabeça.

O indivíduo controlado pelo interator é destacado dos demais pelos três círculos com movimentos dinâmicos posicionados em sua cabeça. Os círculos possuem as duas cores componentes do agente e uma cor inversa com relação ao fundo da cena atual. Assim, em situações de contraste maior, como os fundos brancos e pretos, assim como em contrastes menores, como uma situação de equilíbrio sob o domínio de uma cor específica, a sinalização que marca o agente selecionado é visível aos interatores.

Uma outra possibilidade de interação propiciada pela poética ocorre pelo uso das câmeras de vídeo. Ao se inicializar a câmera pela aplicação, uma imagem da situação atual dos interatores pode ser projetada como plano de fundo da poética, conforme apresentado anteriormente. Além disso, os agentes podem ser configurados para considerar a imagem também, combinando as suas cores aos poucos com a imagem capturada ou se deslocando pela imagem em busca das cores com mais afinidade com a sua cor atual.

Essas variações podem ser manipuladas em tempo de execução da aplicação de maneira independente, gerando oportunidades distintas de uso da poética. Com isso, as imagens podem ser empregadas para que os agentes se acomodem em seu desenho, fazendo com que as pessoas busquem se posicionar de forma a influenciar seu comportamento. Ainda, essa configuração pode ser associada ao uso de camuflagem pelos agentes, que absorvem as cores das imagens enquanto se deslocam, conforme ilustrado pela Figura 120.



Figura 120: meu filho Luca brinca com as formas que tentam se posicionar em sua cabeça.

Ao se combinar as possibilidades de configurações apresentadas, outros resultados distintos podem ser obtidos pelas regras programadas para a poética. Por exemplo, ao se ajustar as configurações descritas acima, com uso de camuflagem pelos agentes e a busca pela sua afinidade cromática, ao plano de fundo que deixa um rastro das cores de seus agentes, os seus resultados se tornam bastante diferenciados. Nessa situação, a poética é capaz de tentar desenhar as imagens dinâmicas obtidas pela câmera continuamente, gerando um novo desdobramento de seus arranjos visuais. Essas possibilidades são ilustradas pelas Figuras 121, 122 e 123, que demonstram a cena capturada pela câmera e o desenho realizado pelas criaturas.



Figura 121: à esquerda pode ser visualizada a imagem capturada pela câmera e à direita o resultado no comportamento dos agentes deixado pelo seus rastros.



Figura 122: outro exemplo de composição gerada dinamicamente pela Morfogênese à partir da imagem capturada pela câmera.

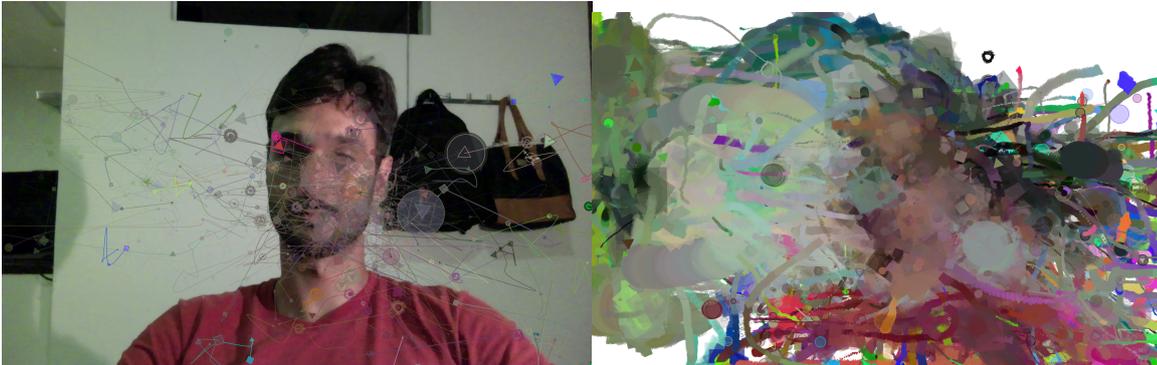


Figura 123: mais uma composição de desenho figurativo esboçado pelo comportamento dos agentes na Morfogênese.

Para permitir que os agentes computacionais se desloquem pela imagem capturada em tempo real, foi empregado um processo de implementação que visa não sobrecarregar os cálculos realizados pelo sistema. Assim, são capturadas duas imagens simultâneas pela câmera, uma em alta definição, utilizada para mostrar a cena em seu plano de fundo; e uma em baixa resolução, empregada na realização dos cálculos. Com isso, o número de *pixels* da imagem utilizada para a realização dos cálculos é bem menor. Essa solução se torna pertinente porque, a cada quadro, todos os agentes devem checar a sua cor em comparação com cada *pixel* da imagem gerada, a partir do uso de uma matriz.

Ainda, o código pode ser configurado com o intuito de comportar o uso por dois ou mais jogadores com *joysticks* simultaneamente, ou por meio de composições de experimentação híbridas, com telas de toque, *joysticks* ou as câmeras sendo usados ao mesmo tempo. Nesses casos, a depender das formas atribuídas aos avatares, a poética pode ser experimentada de maneira competitiva ou colaborativa. Nessas situações, a interatividade (LÉVY, 1999) ocorre entre os jogadores, mediadas pelo artefato tecnológico e pelo universo simbólico proposto. Eles podem utilizar as estruturas concebidas para colaborar na sobrevivência mútua ou para sobrepujar o outro jogador ao eliminar a forma sob seu controle. Assim, é proporcionada a possibilidade de se viver em um ambiente abstrato que utiliza regras diferentes de relações sociais. Versões que

permitam um maior nível de interatividade com a Morfogênese estão sendo desenvolvidos, como a adoção de um controle utilizando-se o *Leap Motion*, e serão implementados em estudos futuros.

Outras soluções de interação com a Morfogênese foram desenvolvidas visando o controle direto sobre uma determinada situação pelo artista/pesquisador. A primeira refere-se ao clique com o botão direito do *mouse* que, quando utilizado em cima de um ser vivo, o mata no mesmo instante. Isso permite que os arranjos sejam organizados de acordo com a sua intenção em contextos específicos de apresentação ou de pesquisa. Caso o botão direito permaneça apertado, a energia restante no corpo da criatura morta é subtraída rapidamente, até que ela desapareça por completo.

Outras possibilidades de uso do *mouse* também foram incluídas para se inserir um novo indivíduo em um local específico, visando o controle de situações particulares. Ao se segurar a tecla “q” enquanto o botão esquerdo do *mouse* é pressionado, uma criatura de forma geométrica aleatória é criada na posição do ponteiro do *mouse*. Para criar seres específicos, as teclas “e”, “r” e “t” devem ser utilizadas para criar as elipses, os retângulos e os triângulos, respectivamente.

Outras teclas também foram utilizadas para o controle ou monitoramento do sistema. O som pode ser ligado e desligado utilizando-se a tecla “z”, assim como a cor do plano de fundo pode ser modificada pelo acionamento da tecla “b” (somente minúscula). O acionamento da câmera é ativado pela tecla “B” (somente maiúscula), que apresenta a imagem capturada como uma das opções de fundo. A tecla “v” (somente minúscula) habilita a camuflagem dos agentes a partir da imagem da câmera e a tecla “V” (somente maiúscula) ativa a busca dos agentes pela sua cor mais próxima.

Outra variável de controle inserida foi uma booleana que permite ligar e desligar a função de extermínio, acionada pela letra “x”. Essa função consiste na possibilidade de aniquilamento de um tipo específico de criatura, caso todos os seus representantes sejam mortos no ambiente. Quando essa variável assume o valor *false*, um novo ser é gerado aleatoriamente quando um indivíduo for o último

de sua espécie, respeitando-se sempre o número máximo de indivíduos permitidos (padrão 400). Devido à possibilidade de mutação durante os cruzamentos, implementada posteriormente, essa função permanece desligada como padrão na inicialização da aplicação.

Ainda, considerando-se a necessidade de registro das situações específicas a partir de suas composições auto-organizadas, foi elaborado um recurso de registro das imagens de quadros específicos utilizando-se a tecla “p”. As imagens são salvas em formato .tiff e seguem a numeração da ordem dos quadros registrados. Esse recurso foi utilizado para a captura das telas exibidas no presente relato.

Visando estudos e análises posteriores às situações efêmeras, foi elaborado um recurso que possibilita coletar também dados de variáveis específicas do sistema e armazenar o seu conteúdo a cada quadro em um arquivo externo. O conteúdo das variáveis de frequência dos seres vivos, por exemplo, pode ser extraído em formato .txt a cada inicialização da aplicação. Assim, o conteúdo pode ser exportado para outros aplicativos, como o *SPSS*. A partir do documento gerado, é possível criar tabelas e gráficos que ilustram a variação na frequência de seres vivos, permitindo inclusive análises estatísticas descritivas e inferenciais do seu comportamento, como a *ANOVA*, ou uma Análise de Regressão (MOORE, 2010), que permitam compreender melhor a influência de cada variável na longevidade das vidas artificiais.

Esse recurso é habilitado pelo uso da tecla “o” (somente minúscula) e, uma vez acionado, permite a finalização da aplicação com o registro completo das variáveis em um arquivo de saída pelo acionamento da tecla “O” (somente maiúscula). A seguir é exibido um gráfico realizado pelo aplicativo *Microsoft Excel* a partir dos dados tabulares sobre a frequência dos indivíduos ao longo do tempo, ilustrando a evolução do número de agentes vivos em uma exibição da poética (Figura 124).

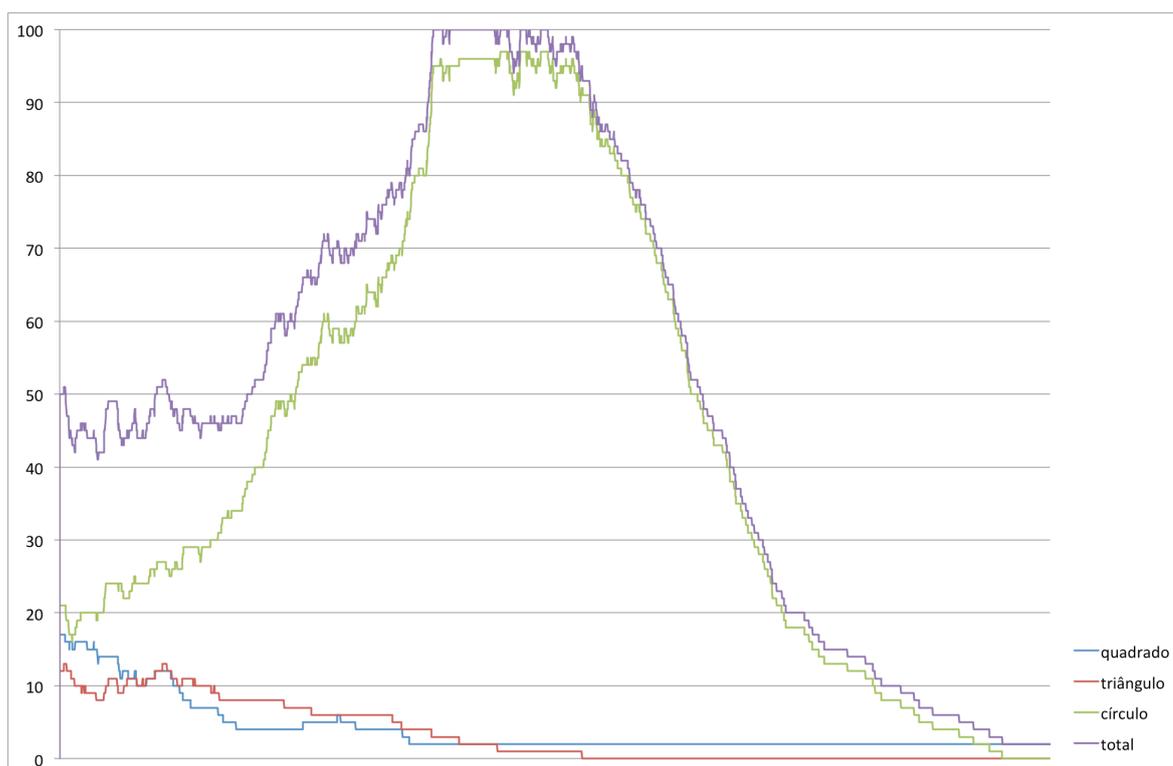


Figura 124: gráfico de frequência de indivíduos vivos em um acionamento do sistema.

Também foi prevista a possibilidade de controle para se aumentar ou diminuir a escala de renderização do espaço em casos de ajuste manual. Para isso, são manipuladas as teclas “+” e “-”, que determinam o valor da escala, semelhante a uma função de *zoom*. Quando a tecla “f” é acionada, o plano de visualização alterna entre o comportamento de escala automática e manual, conforme detalhado anteriormente.

Também foi prevista a alteração da taxa de quadros por segundo da aplicação. Elas são acionadas por meio das teclas “(” e “)”, que modificam o seu valor em tempo real. A modificação dessa taxa pode fazer com que os efeitos na comunidade de indivíduos sejam acelerados ou desacelerados.

Ainda, foi prevista a possibilidade de controle de um agente com as teclas “w”, “a”, “s” e “d”. O uso dessas teclas permite, além do controle via *joystick* descrito, o controle de um indivíduo utilizando-se um teclado convencional. Assim, é possível influenciar a sua direção, fugindo e atacando inimigos, elaborando estratégias de sobrevivência, utilizando a Morfogênese como um jogo, uma

gamearte. Esse processo é acionado pela tecla “y”, que marca um agente vivo para ser controlado. Ao se pressionar a tecla “y” novamente, uma outra criatura é selecionada. Quando um agente precisa ser escolhido de maneira precisa, basta clicar com o *mouse* em uma de suas formas enquanto a tecla “u” é pressionada.

Para que possa haver uma possibilidade de *feedback* com relação ao uso desses controles, a tecla “c” habilita a visualização de uma linha de texto que informa o valor dessas variáveis ambientais. O resultado desse código na tela é uma linha que explicita o conteúdo de determinadas variáveis de controle, posicionadas no canto superior esquerdo da tela, conforme a Figura 125.



Total: 103 Retângulos: 29 Triângulos: 38 Elipses: 36 Tempo: 28 FCount: 588 FPS: 30 FPSReal: 17 EscalaAuto: true Escala: 65 Fundo: 3 Som: true Mouse: 1 Modo Extermínio: true Câmeras: false Pega Cor: false Busca Cor: false Save Frame: false Saída: false

Figura 125: informações relativas ao estado da situação atual do sistema, ilustrada pela barra de texto que contém as variáveis de controle e frequência dos indivíduos.

Ainda, essa mesma tecla (“c”) permite a visualização das variáveis internas de cada agente, como a sua quantidade de energia, tamanho, número de pontos, personalidade, nível de maturidade, entre outras características. As informações sobre cada ser são apresentadas ao lado de sua cabeça, na mesma cor de seu contorno. Elas podem ser disponibilizadas em duas variações, incluindo todo o DNA da criatura como uma das opções disponíveis. Essas situações são ilustradas pelas Figuras 126 e 127.

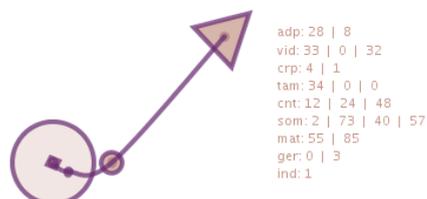


Figura 126: informações relativas ao estado interno do indivíduo, como sua quantidade de energia exata, a nota por ele reproduzida ou o seu nível de adaptação em comparação aos outros agentes do ambiente.

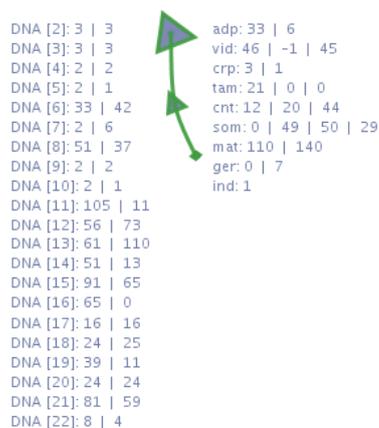


Figura 127: informações relativas ao estado interno do indivíduo apresentadas juntamente com todo o seu DNA.

Outras informações importantes para o diagnóstico do sistema também podem ser acionadas pela tecla “c”. São exemplos as distâncias de colisão dos agentes, a identificação de cores das imagens capturadas pelas câmeras, entre outras possibilidades. Um exemplo da marcação de distâncias de colisão e toques na tela são demonstrados pela Figura 128.

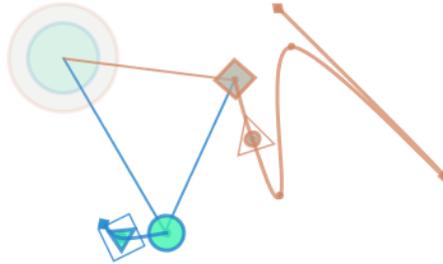


Figura 128: informações relativas à colisão dos agentes e dos efeitos do toque na tela são apresentadas pela interface da Morfogênese visando facilitar o seu diagnóstico.

Um arquivo de texto contendo o mapa de todas as teclas utilizadas acompanha o arquivo executável da Morfogênese, de forma a garantir à pessoa responsável pelo seu acionamento a configuração e o acesso às telas escolhidas. Destaca-se que não é objetivo do trabalho sugerir esse tipo de controle de ajuste aos interatores.

As funcionalidades apresentadas consistem nas possibilidades de experimentação do sistema pelos seus interatores e também da sua configuração pelo artista/pesquisador. Elas fecham o bloco de informações acerca das regras que definem a poética: os agentes computacionais, o seu processo de interações endógenas, seu ambiente e as suas possibilidades de interações exógenas. Com todas as leis que compõem o sistema da Morfogênese descritas, são apresentadas na próxima seção as composições derivadas do acionamento de todas essas regras em conjunto, incluindo exemplos de composições em diferentes escalas, assim como os comportamentos emergentes dessas condições.

SEÇÃO IV

EMERGÊNCIA: COMPOSIÇÕES VIVAS

A presente seção visa apresentar a Morfogênese enquanto poética, como um resultado efêmero que deve emergir das suas leis internas para representar a sua interface, sugerindo aos seus interatores os conceitos apresentados sobre o sistema computacional e também sobre a vida, que podem experimentá-la em diferentes níveis de imersão, dividida em quatro tópicos. O primeiro visa ilustrar alguns de seus arranjos em contextos distintos, com uso de planos de fundo, escalas, número e tempos variados, evidenciando-se as suas possibilidades de composições enquanto sistema computacional. O segundo foca nas situações de adaptação específicas que se originaram ao longo de sua emergência, como os diferentes tipos de estratégias de sobrevivência que ocorrem simultaneamente, os diversos tipos de agrupamentos, como as redes e os grupos, assim como os grandes ciclos de evolução que surgem durante as suas gerações. O terceiro aborda a sua relação com as pessoas em situações concretas de exposição, como os primeiros contatos com o público e os seus comportamentos observáveis. A seção é concluída pela afirmação da Morfogênese, no qual são apresentadas as camadas de interpretações sugeridas aos interatores em distintos níveis de apreciação da poética, identificando-se as ideias que orientam os seus atributos e que espera-se que sejam transmitidas em alguma dimensão às pessoas por ela tocadas.

4.1 Arranjos efêmeros: poética autopoietica

A partir de todos os comportamentos descritos na seção anterior, delineados para que as criaturas atuem localmente e interajam com os seus vizinhos, a combinação das regras descritas gera um resultado visualmente complexo, ocorrido de acordo com as suas determinações e probabilidades programadas. Os desdobramentos dessas combinações originam as imagens intencionadas pelo autor, fragmentos vivos de formas e cores que lutam pela sua sobrevivência e manutenção de suas características ao longo do tempo.

No entanto, as imagens estáticas das composições geradas não são suficientes para que seja possível captar a sua essência enquanto poética. As composições autopoieticas, apesar de possuírem um certo apelo estético, não permitem ao interator visualizar o comportamento dos agentes, importantes para a inferência de vida projetada nas criaturas. Ainda, não são audíveis as paisagens sonoras oriundas das criaturas em seu habitat. As possibilidades de interação e interferências ficam demasiadamente distantes. Em conjunto, essas características potencializam a experiência proposta, permitindo a vivência do processo de evolução do sistema, o foco verdadeiro da poética. Por isso, as imagens apresentadas ao longo da seção servem apenas ao seu objetivo de descrever as situações efêmeras já capturadas e reduzidas da poética.

A cada renderização, o código gera comportamentos e situações distintas entre os indivíduos. As imagens criadas de maneira automática parecem figuras de colônias de bactérias ou fungos, que variam de acordo com as configurações utilizadas em sua inicialização. Ao longo de seu processo de ajustes e balanceamento, descritos anteriormente, diferentes resultados foram capturados e são apresentados no presente tópico. Contudo, algumas das imagens exibidas correspondem à versões anteriores de seu código, podendo ter pequenos detalhes de representação distintos da sua versão mais recente. Por exemplo, a modificação da sua estrutura de DNA, ocorrida posteriormente, não pode ser percebida em algumas das primeiras imagens apresentadas, na qual a cor dos

agentes computacionais ainda é dinâmica.

Essa característica pode ser percebida nas duas figuras apresentadas a seguir (Figura 129 e 130), que representam situações de adaptação de criaturas triangulares rosadas utilizando-se o controle de escala no modo manual, poluindo visualmente a tela um pouco mais do que com relação ao ajuste de escala automático, que fornece uma ampliação do espaço em casos de superlotação. Elas foram concebidas com a versão monocromática do plano de fundo, que está em um tom de cinza escuro, quase preto.



Figura 129: composição gerada pela Morfogênese com escala manual.



Figura 130: outro exemplo de composição gerada pela Morfogênese com escala manual.

Quando a escala automática é selecionada, conforme explicado anteriormente, o efeito decorrente é uma visão macro do ambiente, a depender do número de indivíduos vivos. Isso permite que as criaturas tenham espaço para se locomover e consigam se manter em suas estruturas coletivas. O exemplo a seguir (Figura 131) ilustra uma composição com essa característica. Como pode ser visto, seres quadrados dominam o local em diversas colônias com semelhantes sons e cores esverdeadas, que ocupam o espaço de maneira orgânica.

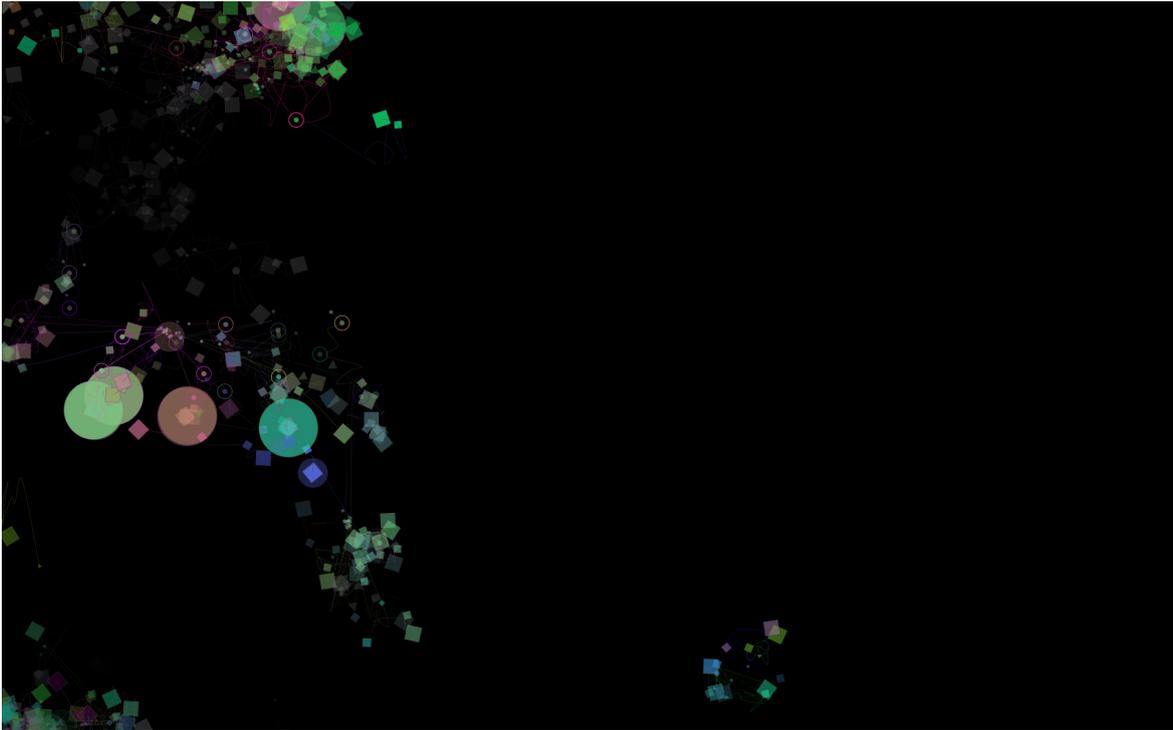


Figura 131: composição gerada pela Morfogênese com uso de escala automática.

Na sequência ilustrada a seguir (Figuras 132 a 139), alguns exemplos do uso das cores dinâmicas para o plano de fundo podem ser observadas. As cenas representam situações diversas em termos de adaptação, com comunidades mais antigas ou mais novas, sob o domínio de diferentes formas geométricas. Em todas elas foi utilizada a escala automática e consistem na versão principal de apresentação da poética, com os comportamentos decorrentes do simples acionamento da aplicação e a geração de 30 criaturas com composição genética randômica.



Figura 132: composição gerada pela Morfogênese com fundo azul claro.



Figura 133: composição gerada pela Morfogênese com fundo rosa avermelhado.



Figura 134: composição gerada pela Morfogênese com fundo rosa.



Figura 135: composição gerada pela Morfogênese com fundo amarelo esverdeado.



Figura 136: composição gerada pela Morfogênese com fundo verde claro.

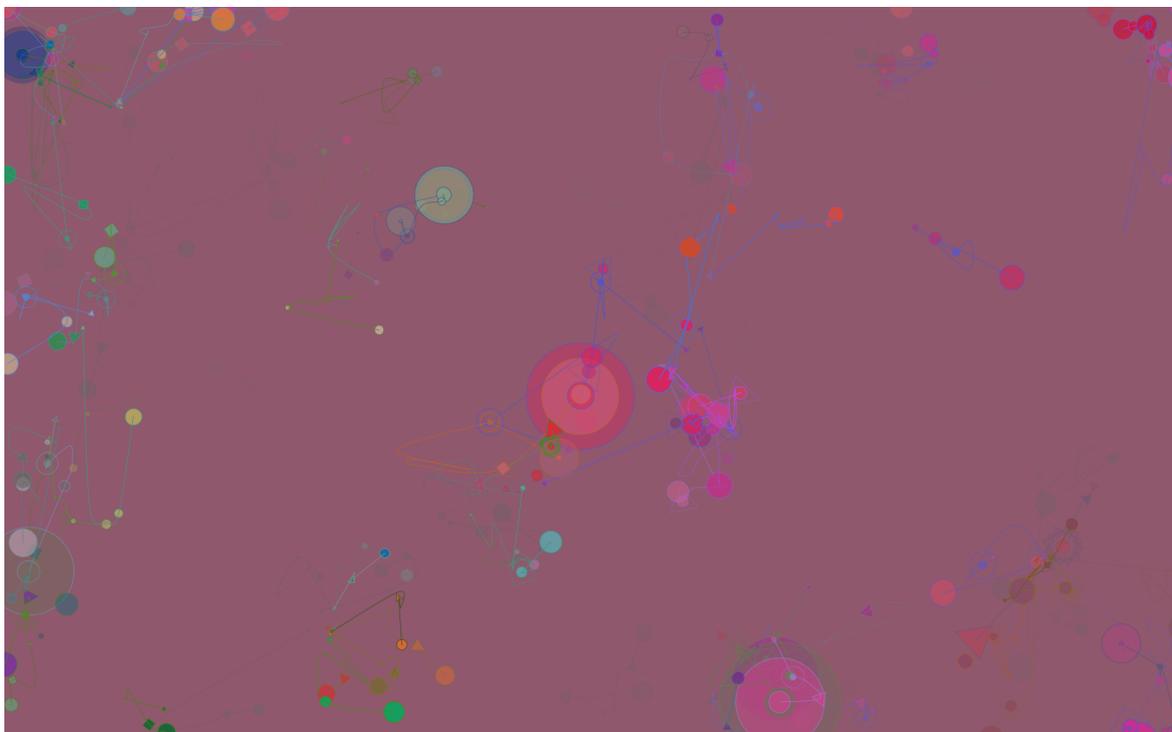


Figura 137: composição gerada pela Morfogênese com fundo entre o roxo e o marrom.

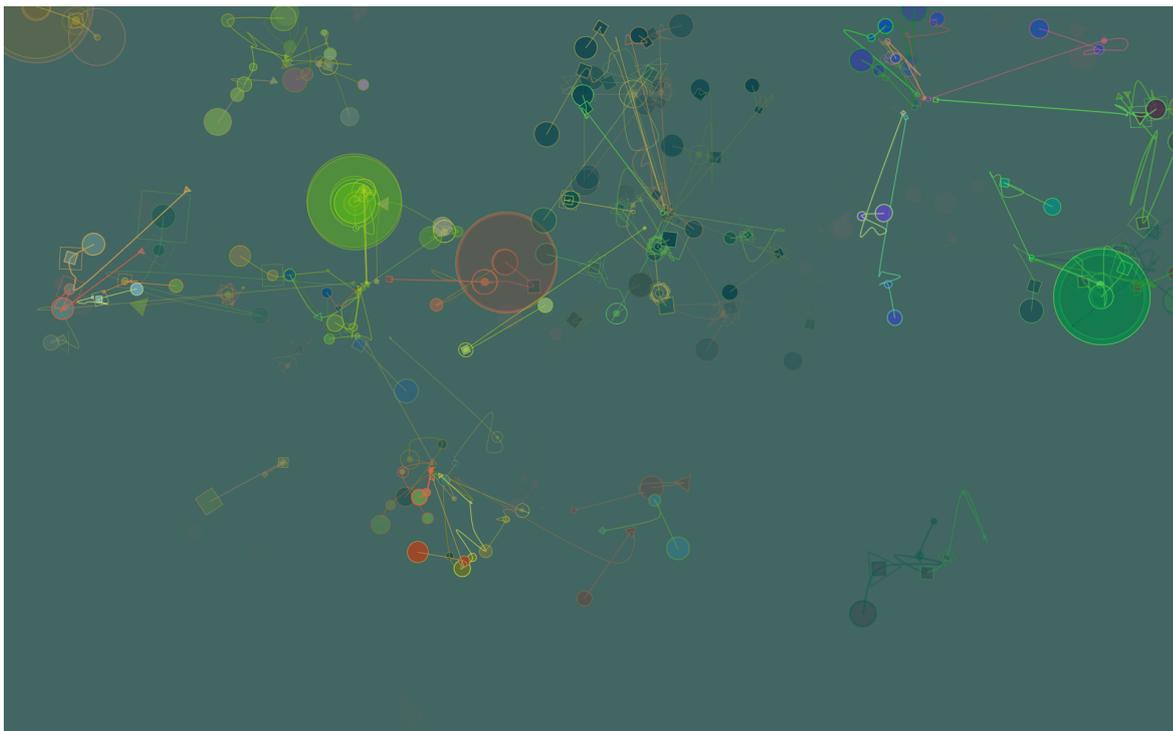


Figura 138: composição gerada pela Morfogênese com fundo verde escuro.

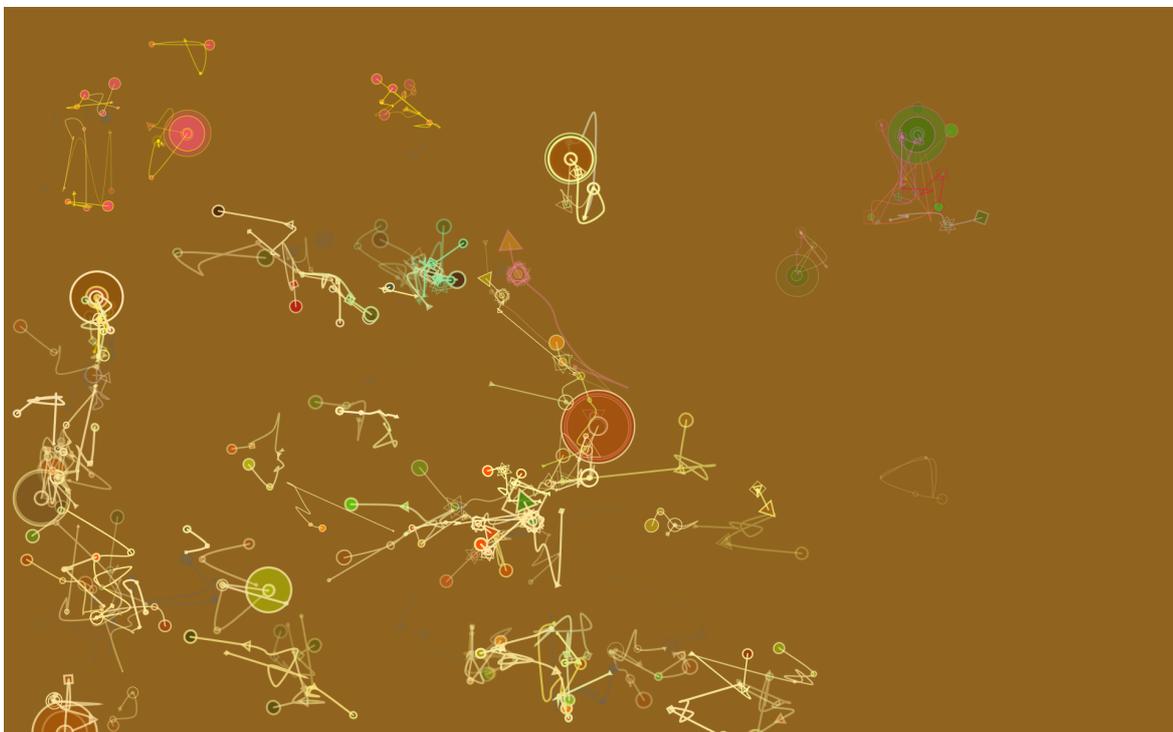


Figura 139: composição gerada pela Morfogênese com fundo ocre.

Como pode ser visto nas figuras, a cor do fundo sempre tende a ser terciária e com baixa saturação, por ser constituída a partir da média das cores dos agentes computacionais vivos e em decomposição presentes no sistema. Mesmo com um número de indivíduos baixo na população, quando os sujeitos possuem cores distintas, o fundo tende a ser acinzentado devido ao caráter de tendência central da média, que atua nas variáveis R, G e B da sua cor. O mesmo ocorre em casos de colônias de criaturas semelhantes, mas com um número grande de indivíduos, que geralmente levam a média de cor para o centro por causa da sua maior variabilidade. O efeito resultante sugere uma mistura de pigmentos na experiência do interator, apesar de utilizar o sistema RGB, e não CMYK, como o padrão. Esse efeito é comum porque não são experimentadas operações diretas entre duas cores, que permitiriam ilustrar melhor a diferença entre os sistemas aditivos e subtrativos de cores, apenas uma média global. Talvez a diferença mais perceptível seja o fato de que, em caso de cores muito discrepantes, o cinza é a cor que representa a média, e não um tom de marrom, representativo para quem lida com o sistema de pigmentos em forma de tintas ou massas sólidas.

Os arranjos possuem os tons comuns da espécie dominadora, mas frequentemente apresentam também algumas criaturas com cores contrastantes em número menor, devido a uma combinação genética específica ou uma mutação, gerando paletas variadas em termos de combinações cromáticas do ambiente como um todo. As formas geométricas dispostas no espaço em disposições randômicas e as linhas orgânicas sugerem os seres vivos, como bactérias ou plantas com ramos e folhas. Esses elementos, associados aos seus movimentos, reforçam a noção de vida desejada.

Uma outra característica que reforça essa representação da vida é seu o contraste entre os movimentos e cores dos seres vivos com a inércia e palidez dos agentes mortos. Esse contraste ocorre devido à presença de tons de cinza próximos às fronteiras das colônias, originados pelos indivíduos mortos que ficam pelo caminho durante o seu lento deslocamento, como um coral que se apoia nos corpos de seus semelhantes mortos para construir as suas estruturas. Esse efeito pode ser percebido nas Figuras 140 e 141.

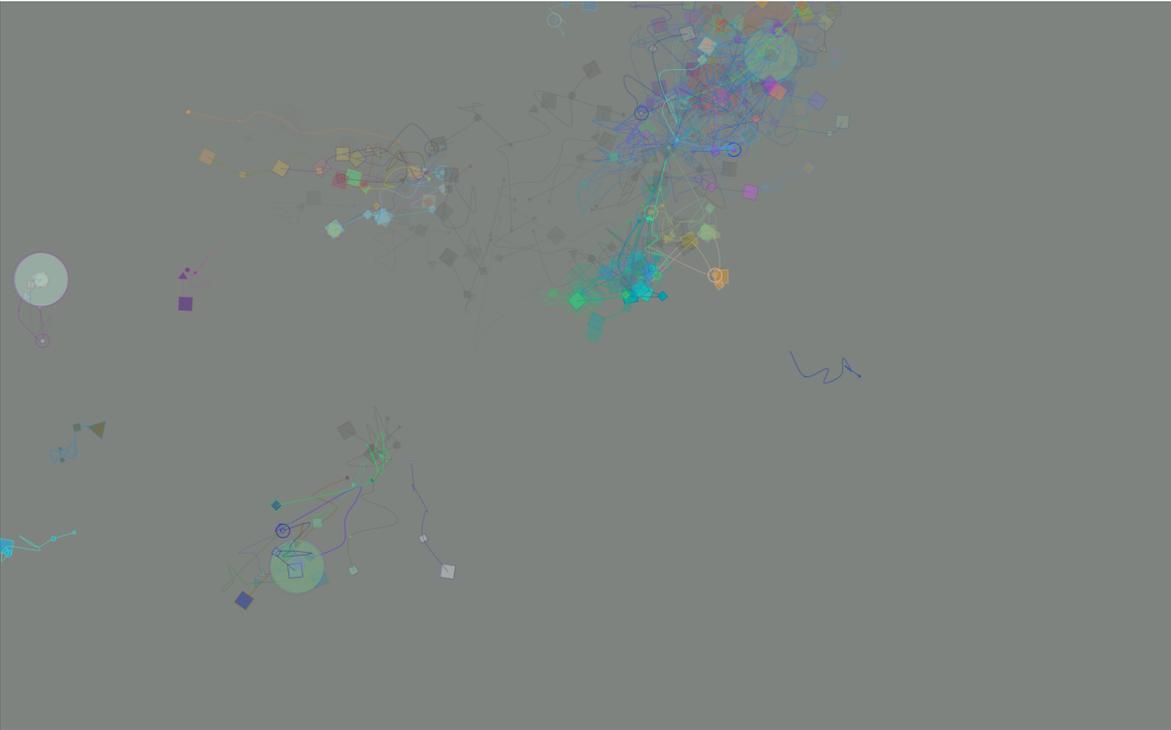


Figura 140: composição com tons de cinza próximos à colônia de quadrados, gerados pelos indivíduos mortos, semelhante a um coral.

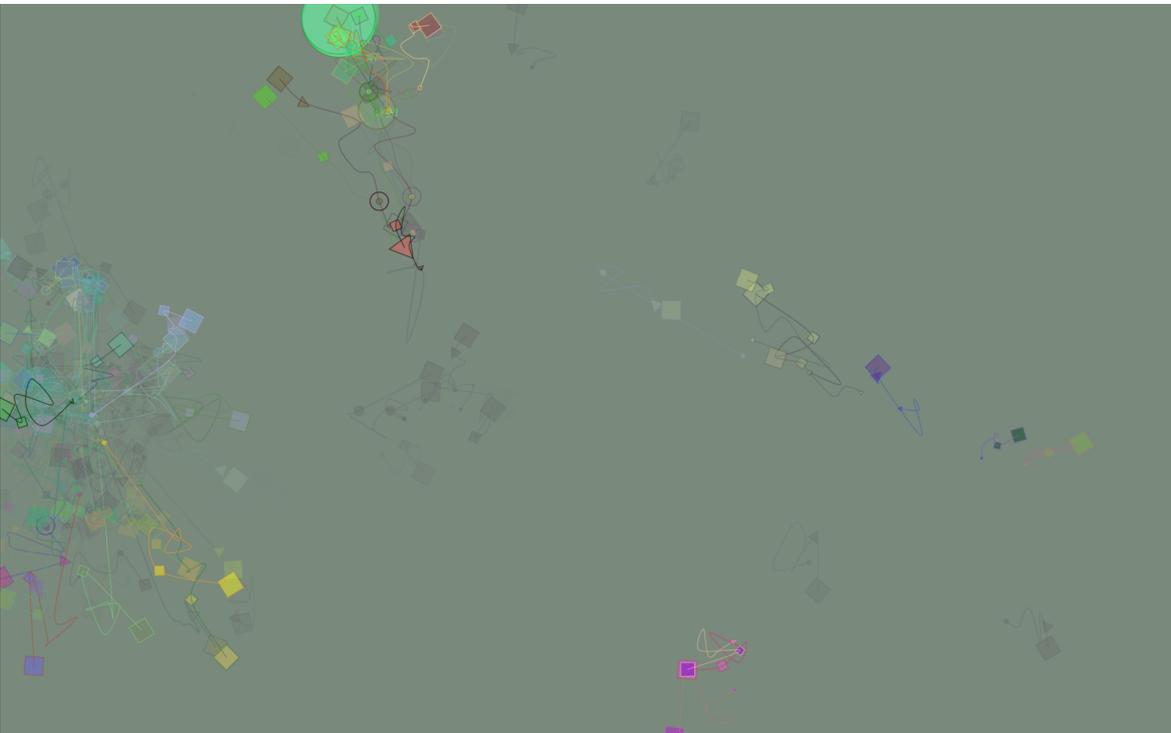


Figura 141: outro exemplo de composição com tons de cinza próximos à colônia de quadrados, gerados pelos indivíduos mortos, semelhante a um coral.

O número de sujeitos também modifica drasticamente a percepção estética dos arranjos. Quando poucos sujeitos se apresentam no ambiente, situações mais dinâmicas e rápidas surgem, guiando o foco do interator para questões mais individuais, como as ações de um agente específico ou a sua narrativa de vida. Quando grandes colônias surgem, suas relações acabam somando-se, gerando circunstâncias mais duradouras a longo tempo, como os processos bem sucedidos de adaptação ao ambiente. Seguem exemplos de composições com um número de criaturas vivas mais elevado em um ajuste de escala automática (Figuras 142 e 143).

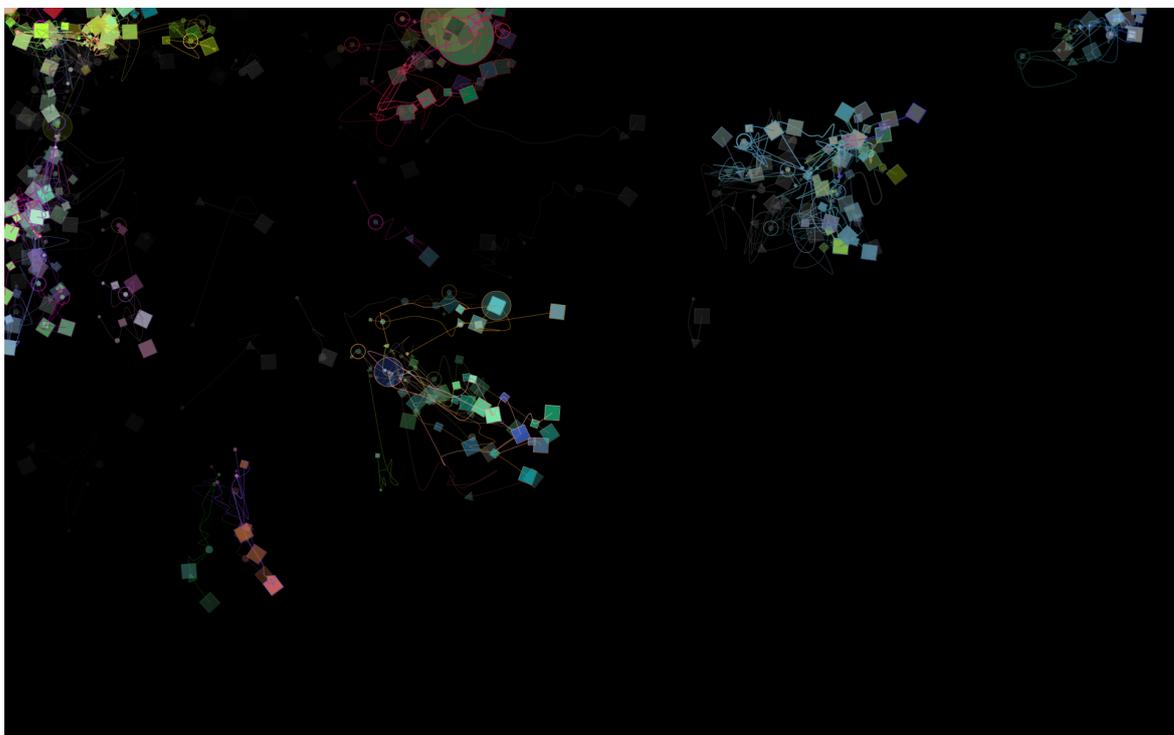


Figura 142: composição gerada pela Morfogênese com diversas colônias dispersas.

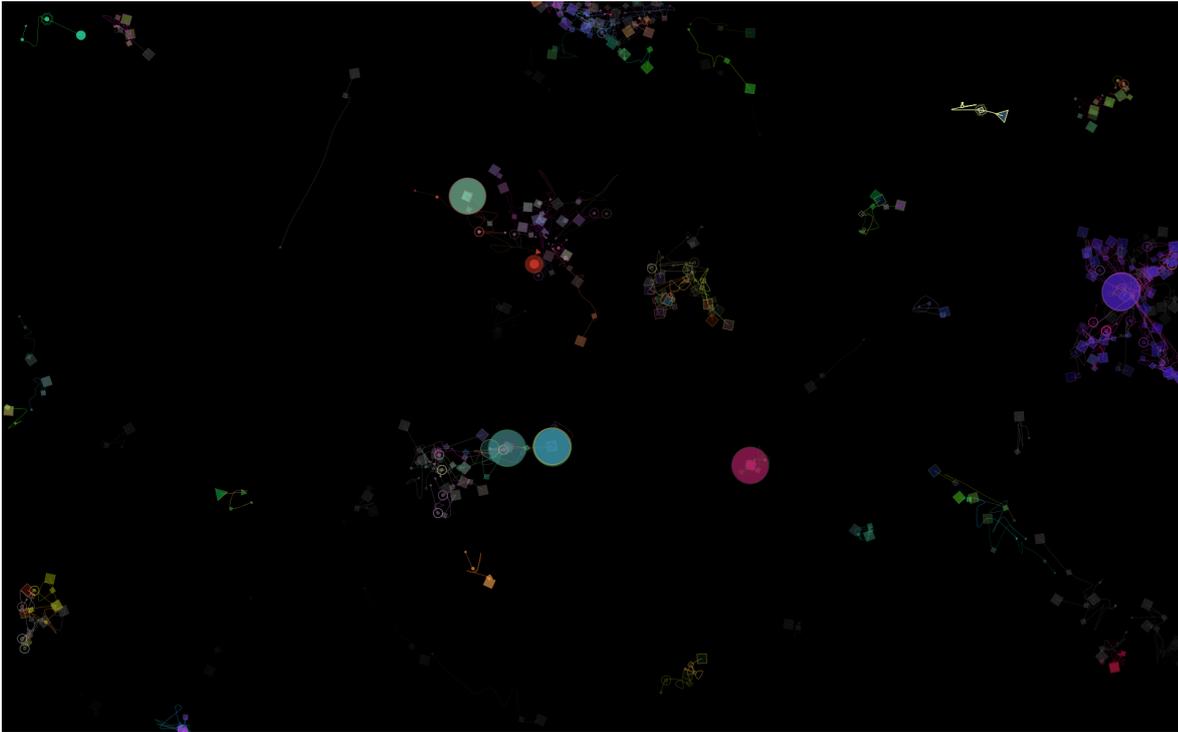


Figura 143: outro exemplo de composição gerada pela Morfogênese com diversas colônias dispersas, em uma visão macro e número populacional alto.

Podem ser observadas nas imagens uma certa coerência com relação ao seu padrão de organização. De maneira oposta, as situações iniciais da Morfogênese originam composições com fundos mais neutros e uma diversidade de cores e efeitos na cena, com uma dinâmica e ruído visual muito maiores, causados pelos diversos indivíduos gerados aleatoriamente. O que ocorre é uma grande batalha entre as criaturas, com colisões de retângulos piscantes e gritos artificiais, que representam a eliminação de muitos sujeitos até que haja um espaço seguro para que cada grupo se desenvolva e possa começar a crescer. Somente a partir desse momento, o número de indivíduos volta a subir. Seguem quatro exemplos desse tipo de situação nas Figuras 144, 145, 146 e 147.

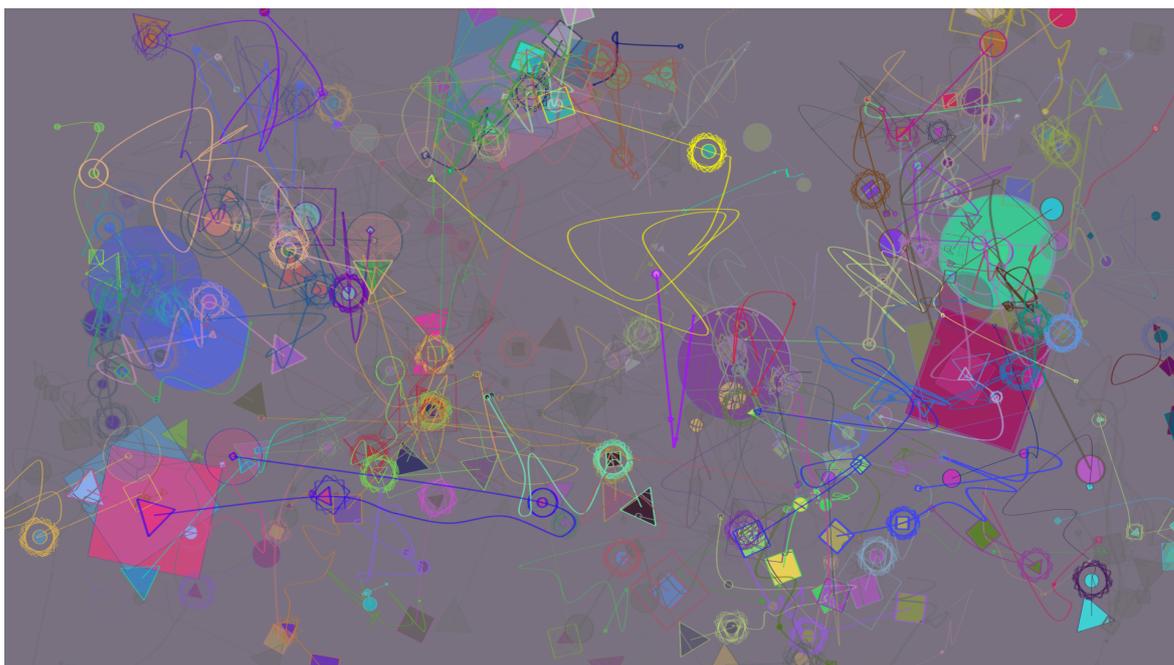


Figura 144: composição gerada pela Morfogênese em seus momentos iniciais, os mais conturbados da poética.

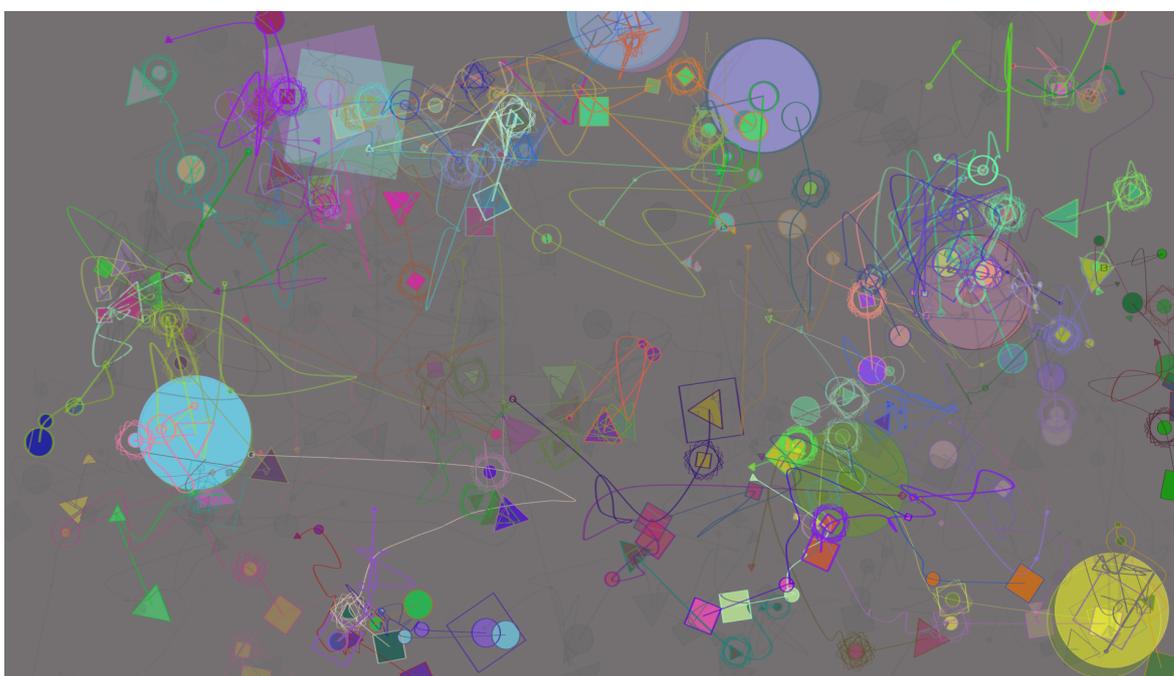


Figura 145: outra composição gerada pela Morfogênese em seus momentos iniciais.

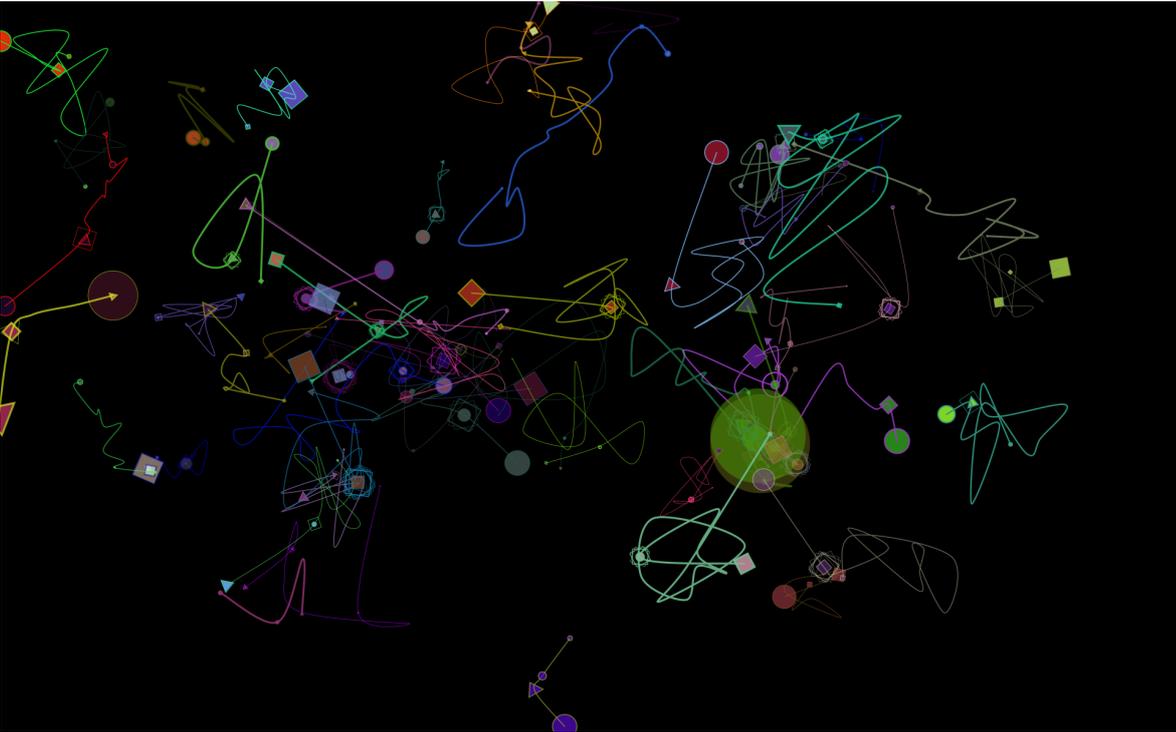


Figura 146: composição gerada pela Morfogênese em seus momentos iniciais com a cor de fundo definida manualmente para preto.

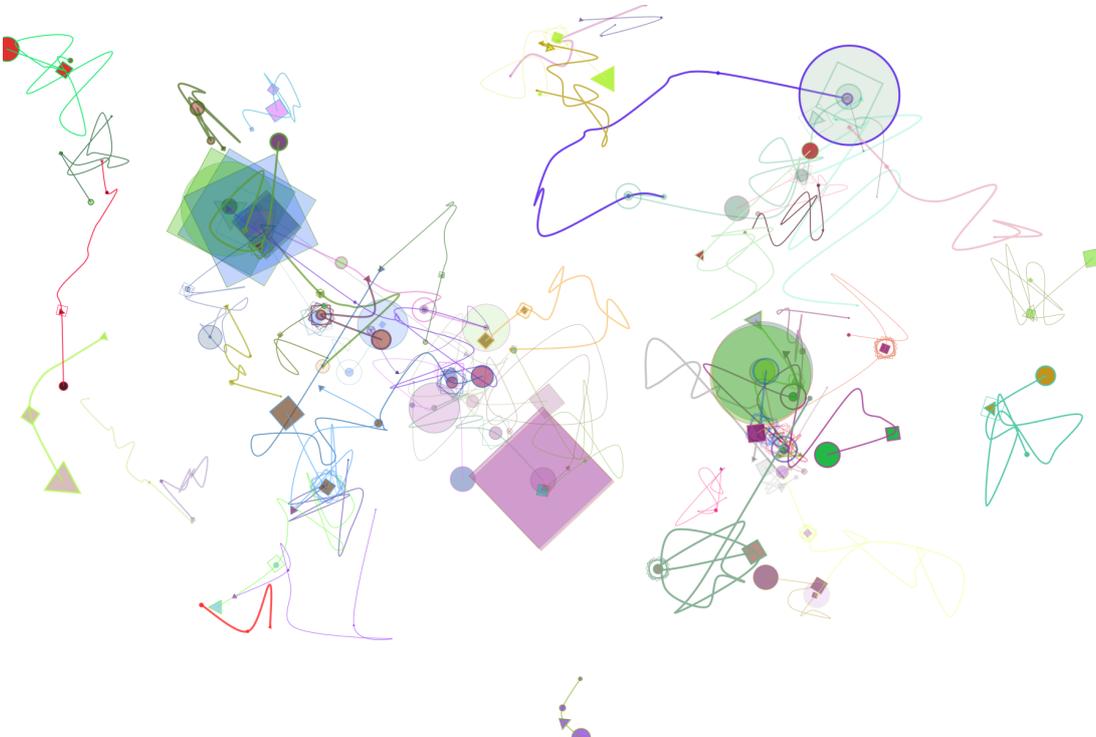


Figura 147: composição gerada pela Morfogênese em seus momentos iniciais com a cor de fundo definida manualmente para branco.

As composições estáticas apresentadas se transformam e geram imagens e paisagens sonoras distintas continuamente. Ao longo de um grande período de tempo, colônias muito grandes, com mais de 200 sujeitos, se formam. Contudo, caso o grupo não seja capaz de se adaptar ao ambiente por muito tempo, a média de energia do conjunto começa a cair e o império tende a desaparecer por completo, iniciando-se um novo ciclo de competição. Isso pode ocorrer em algumas horas ou somente depois de vários dias de processamento da aplicação. Por isso, a simples observação passiva da Morfogênese já sugere um olhar sobre a vida, especialmente sobre o comportamento de nossas civilizações, em grandes ciclos de domínio e declínio, mas proporciona essa experiência de modo acelerado, permitindo uma visão macro ao interator, tão difícil de se conseguir com nossa própria história.

Após uma breve apresentação sobre os tipos e variedades de arranjos que o sistema computacional é capaz de gerar, são apresentados no próximo tópico os seus significados enquanto resultados emergentes, assim como as possibilidades de inferências que podem ser realizadas a partir de suas composições.

4.2 Comportamentos emergentes na colônia Euclidiana

As possibilidades de composições são diversas e permitem a exibição de seres com características genéticas distintas, a depender do seu contexto de adaptação. Quando os sujeitos interagem por algum tempo, pelo menos cerca de 20 minutos, determinados comportamentos emergentes podem ser observados. Antes de apresentar essas adaptações enquanto comportamentos, é importante compreender o que as características gráficas de cada agente é capaz de expressar individualmente.

Conforme descrito na seção anterior, os últimos ajustes da Morfogênese foram relacionados à sua capacidade de representação da mecânica de evolução da vida no planeta. A partir do estabelecimento de um DNA estável e de um

cruzamento por recombinação, as suas cores, dimensões, espessuras e sons representam o fenótipo direto de sua constituição genética. Assim, com o passar do tempo, as estratégias de sobrevivência dos agentes passam a ilustrar o quanto a variabilidade genética da população se transforma.

Algumas vezes, a variabilidade genética de um arranjo original se mantém por todo o ciclo de vida de uma colônia. Em outras situações, a briga pelo espaço faz com que a maior parte dos agentes vivos seja descendente de poucos ancestrais comuns, reduzindo drasticamente a variabilidade genética da população viva. Nesses casos, os arranjos se tornam com muito mais identidade interna, e as suas modificações só podem ocorrer por mutação ou pela combinação de pares de DNAs extremos, que torne os filhos com características mais expressivas do que os seus pais. Por isso, ao se visualizar um arranjo da Morfogênese, mesmo que estático, os graus de parentesco podem ser percebidos pelas propriedades físicas dos seus agentes.

Situações com diferentes graus de parentesco são ilustrados a seguir. A Figura 148 apresenta uma situação na qual a população inteira possui um Último Ancestral Universal Comum, semelhante ao que ocorre em nosso planeta. Em seu canto superior esquerdo é apresentada uma criatura que sofreu uma mutação genética em seu corpo, tornando-o vermelho. Aos poucos, essa característica pode ser transmitida para outros descendentes ou ser eliminada do sistema. No caso ilustrado, a mutação foi transmitida a todos os indivíduos de uma população à gerações de distância, ilustrada pela Figura 149.

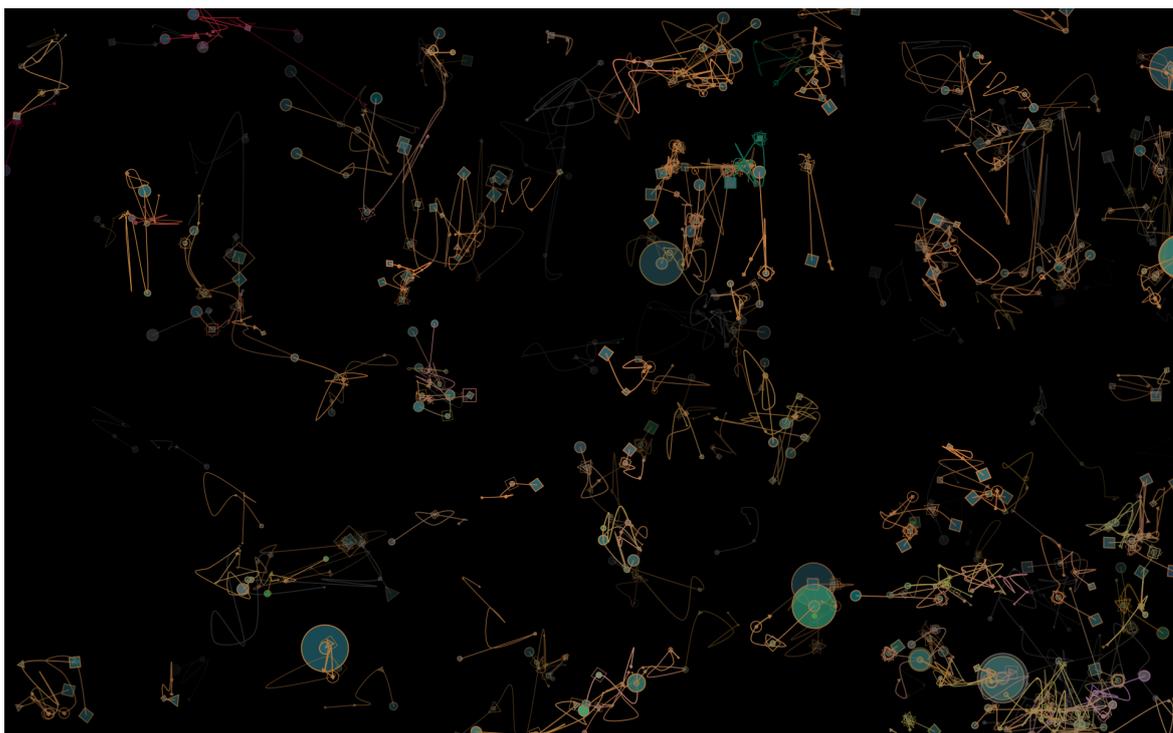


Figura 148: composição da Morfogênese que ilustra uma população com pouca variabilidade genética, demonstrando a origem de um Último Ancestral Universal Comum, como em nosso planeta.

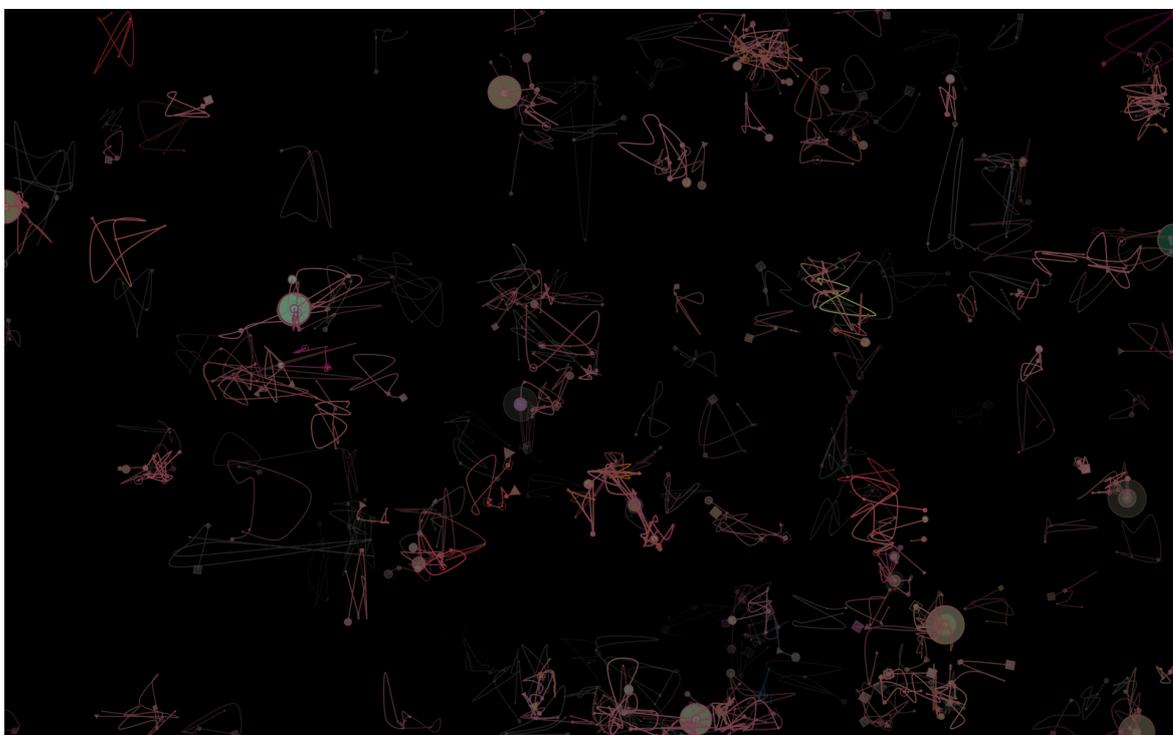


Figura 149: situação posterior na qual a mutação apresentada foi transmitida a todos os indivíduos da nova população algumas gerações depois.

Essa não é uma situação frequente na Morfogênese, que é inicializada com a criação de vidas com características randômicas. Por isso, essa homogeneidade absoluta não ocorre tão facilmente, principalmente depois da implementação da recombinação de DNA. Na situação apresentada, essa seleção se deu por meio de muitos cruzamentos que foram, aos poucos, eliminando a variabilidade genética da população, tornando os agentes demasiadamente semelhantes. Uma situação anterior às apresentadas pode ser vista na Figura 150, que apresenta parte do processo de dominação genética ocorrido. Nela, ainda existem criaturas com cores diferentes lutando para sobreviver no ambiente.

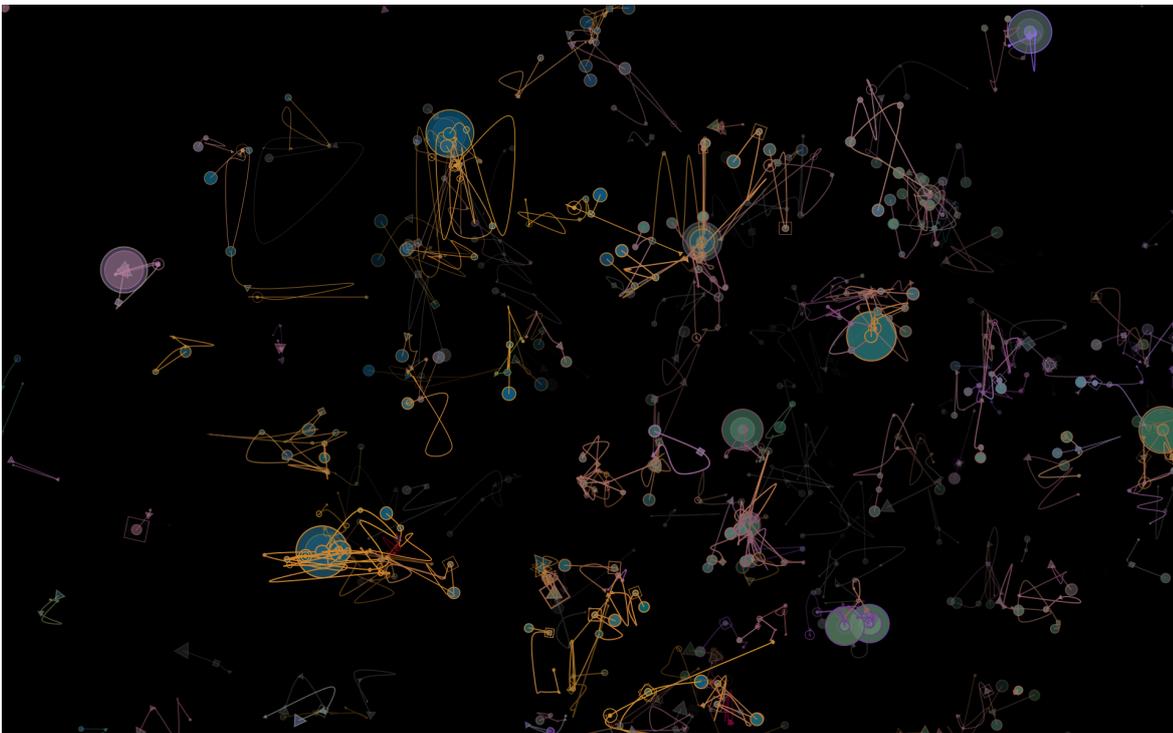


Figura 150: situação anterior às composições apresentadas, na qual ainda havia variabilidade genética no ambiente, que foi eliminada aos poucos.

Essas situações também não costumam determinar o comportamento do sistema por um período muito grande de tempo. A falta de variabilidade tende a fazer com que os agentes sejam eliminados aos poucos, por falta de alimentos ou competição. As mutações surgem no ambiente e acabam por modificar o equilíbrio genético da espécie, permitindo que a variabilidade ocorra novamente,

de uma maneira semelhante ao funcionamento da vida no mundo à nossa volta. Uma outra situação bem posterior, gerada pelo desdobramento do contexto apresentado, é ilustrada pela Figura 151. Nela pode ser vista a variabilidade genética retornando à população viva depois de muitas gerações, reinserida no sistema por meio das mutações. Na versão atual da Morfogênese, esse processo é corroborado pela recombinação de pares de DNA, descrita na seção anterior.

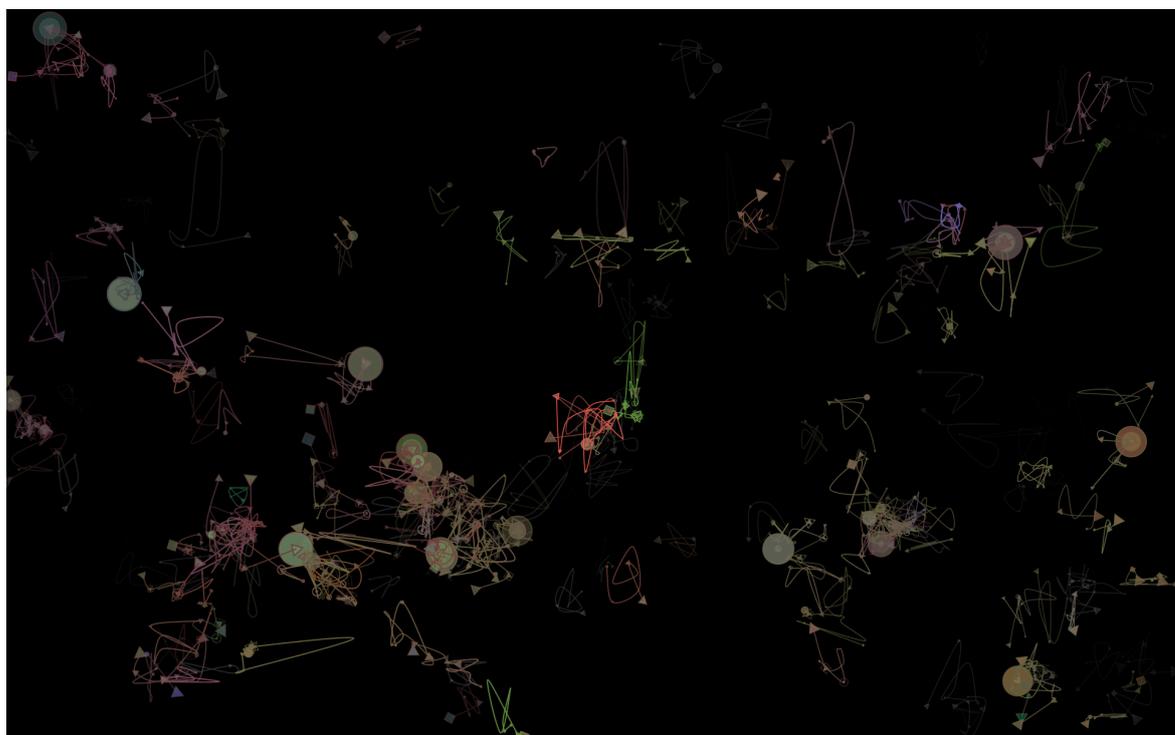


Figura 151: situação ocorrida após diversas gerações no contexto ilustrado pelas figuras anteriores, no qual a diversidade genética voltou a fazer parte do sistema.

Por isso, ao se visualizar a versão atual da Morfogênese, a semelhança de formas, cores e sons pode demonstrar um grau de parentesco entre os agentes. Essa característica do sistema permite uma atribuição de significado ao contexto visualizado, fazendo com que essas variáveis expressem a lógica de transmissão de características ocorridas por DNA, ilustrando melhor o processo evolutivo aos interatores. Ainda, a poética é capaz de demonstrar uma dimensão invisível aos olhares humanos sobre a vida que nos envolve. Para que o processo descrito acima ocorresse, foram necessárias cerca de 800 gerações de vidas artificiais.

Comparada a uma escala humana, supondo que uma geração leve cerca de 25 anos para ocorrer, seriam necessários 20.000 anos para que o efeito pudesse ser visualizado. Portanto, mesmo sendo um sistema artificial com taxa de mutação elevada, esse atributo demonstra o enorme tempo necessário para que a evolução ocorra por seleção acumulada, conforme sugere Dawkins (1986).

As consequências de mutações ainda mais frequentes também podem ser testadas pelo sistema. Mesmo com os seus auto-ajustes, que não permitem parâmetros não compreensíveis no DNA dos agentes, as vidas se tornam mais instáveis e tendem a acabar. No caso das vidas no mundo material, não existe esse tipo de controle, de forma que essas ocorrências geram as doenças genéticas conhecidas. Esses fenômenos tornam a vida ainda mais improvável, ilustrando a necessidade de uma molécula altamente estável para o registro e transmissão de nossas características, os cristais previstos por Schrödinger (1943), conhecido como DNA.

Ao se pensar na emergência em termos coletivos para a poética, pode ser ilustrada a diferença na organização dos agentes em duas situações distintas do sistema. A primeira, ilustrada pela Figura 152, representa o estado inicial da poética com 100 indivíduos vivos. A segunda, apresentada na Figura 153, demonstra outros 100 indivíduos, agora organizados de acordo com as regras intrínsecas do sistema depois de algumas gerações.

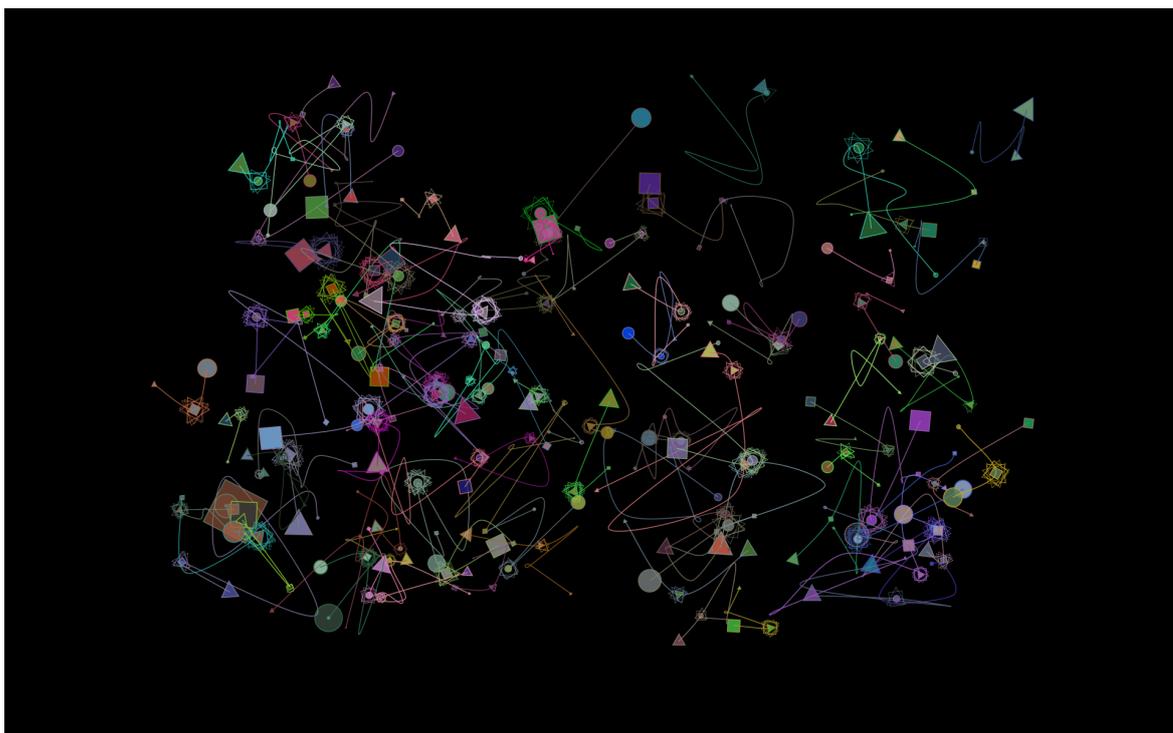


Figura 152: situação inicial do sistema, com 100 agentes randômicos.

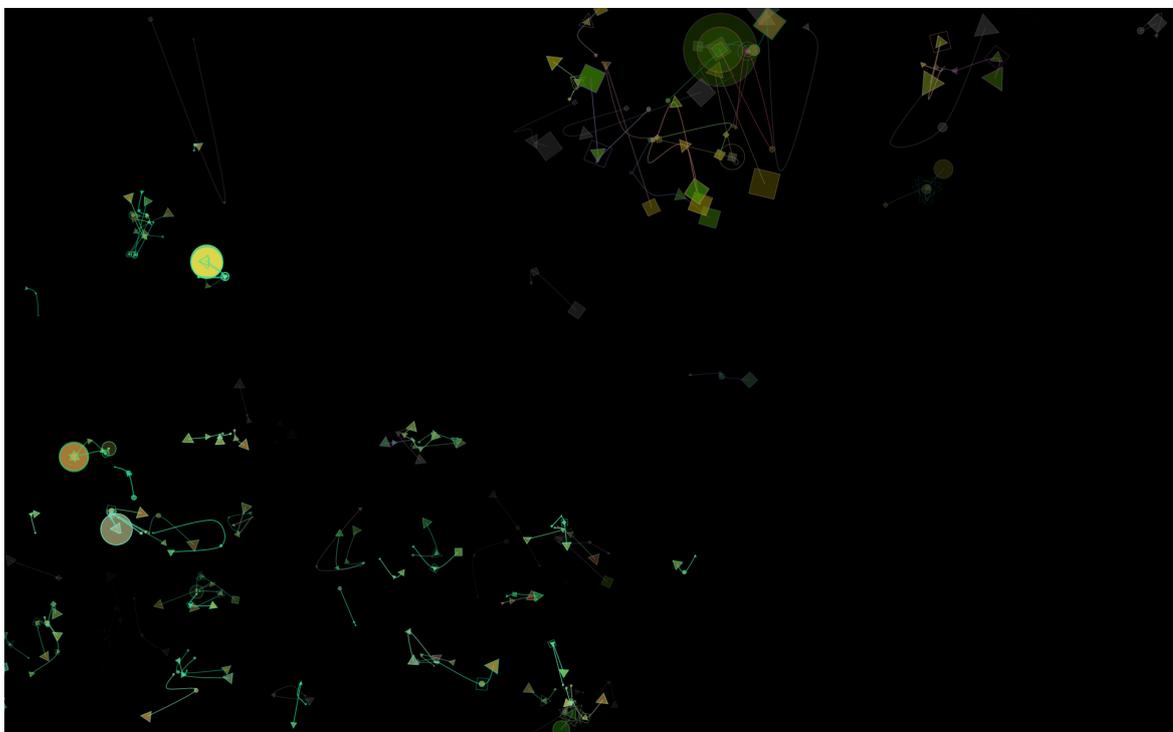


Figura 153: composição gerada por situação já adaptada do sistema, com cerca de 100 agentes gerados pelos cruzamentos ocorridos em sua adaptação.

Existe uma diferença na maneira como as formas, cores e linhas se distribuem pelo espaço em suas duas representações. Na primeira, existe um maior número de informações geradas pelo sistema em uma organização caótica. A segunda, apesar de possuir o mesmo número de indivíduos, organiza as suas características físicas e geográficas de acordo com as regras do sistema, fazendo com a trama visual dos arranjos siga o caminho proposto por Galanter (2010) da complexidade efetiva. Essa noção de uma composição orgânica, que não pareça simplesmente aleatória, é o que representa a expressão máxima de emergência esperada para o sistema, como uma visualização da complexidade organizada da vida (Dawkins, 1986). Ainda, são essas as situações em que os sons se tornam mais harmônicos, com acordes ou escalas aleatórias em notas sequenciais e instrumentos semelhantes, gerando as paisagens sonoras mais permanentes e atrativas ao interator (SCHAFER, 1994). As Figuras 154 e 155 demonstram novamente a questão em um arranjo distinto, no qual a complexidade efetiva é aparente no segundo arranjo em comparação com o primeiro, mais caótico.

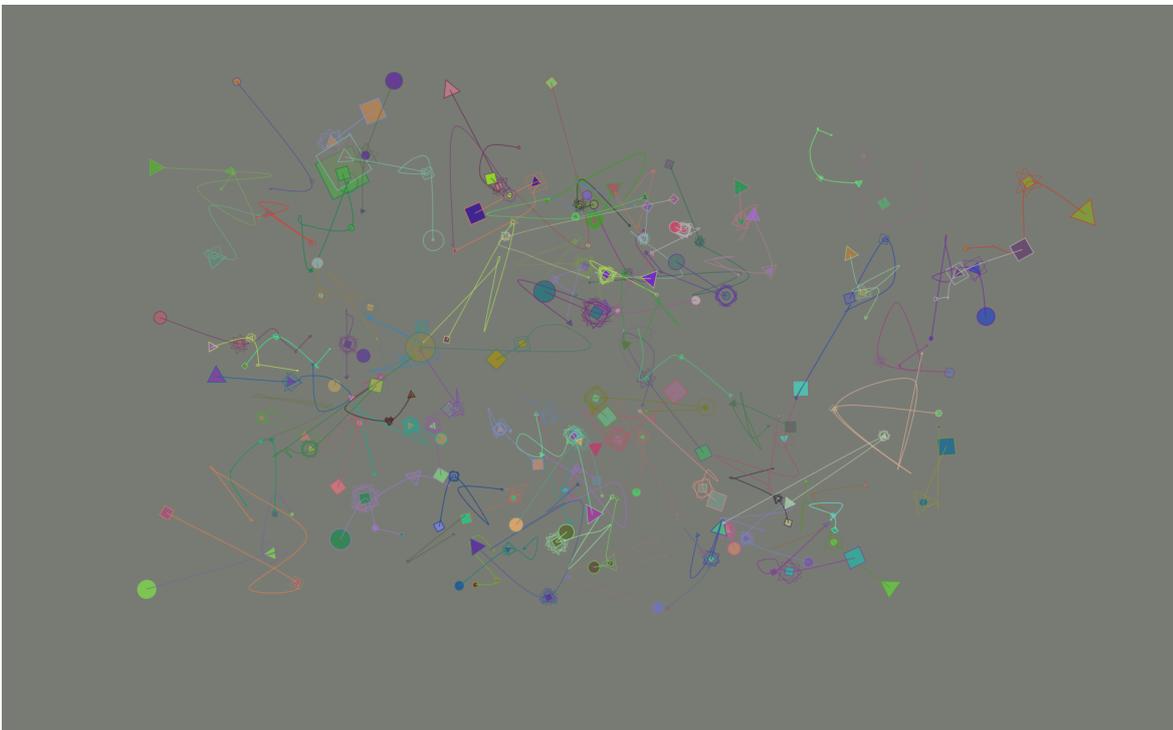


Figura 154: novo exemplo de composição gerada por situação inicial do sistema, com 100 agentes randômicos em um fundo colorido.

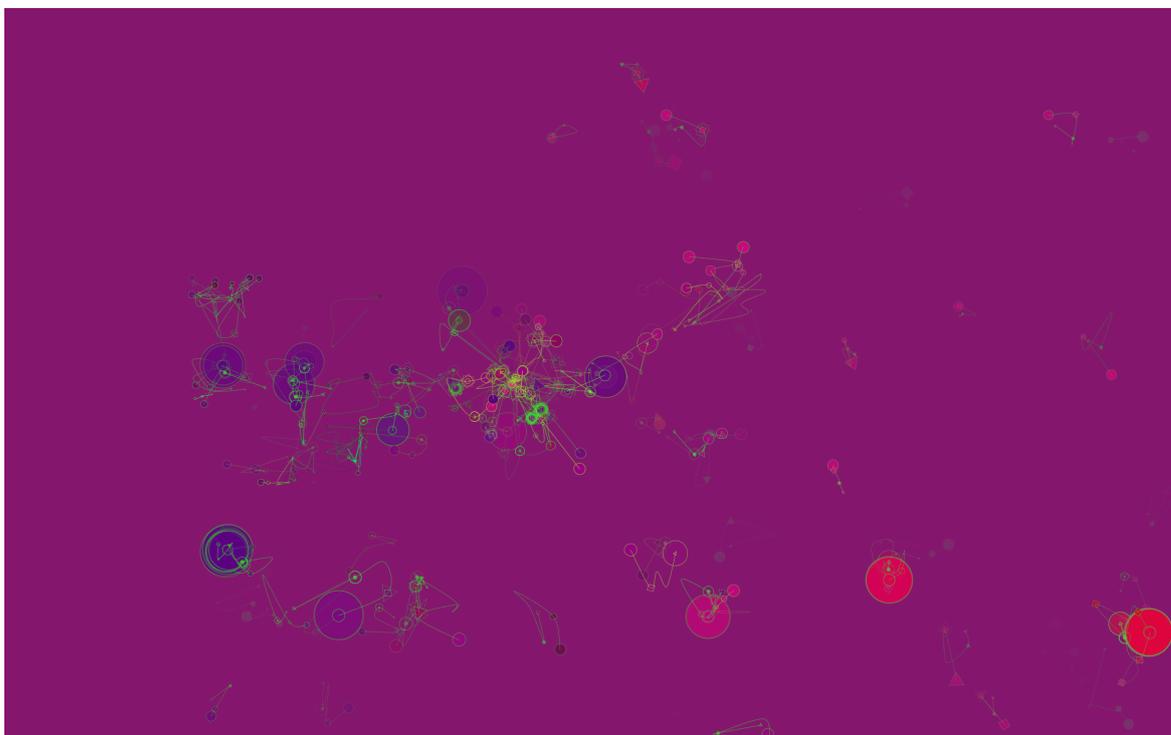


Figura 155: novo exemplo de composição gerada por situação já adaptada do sistema, com pouco mais de 100 agentes gerados pelos cruzamentos ocorridos em sua adaptação, também em fundo colorido.

Uma outra questão importante sobre a emergência dos agentes geométricos que merece destaque é a sua possibilidade de navegação pelo espaço genético da espécie. Conforme descrito anteriormente, o objetivo do presente sistema se diferencia dos Biomorfos propostos por Dawkins (1986) por não favorecer um cruzamento direto da criatura escolhida com o restante da população. Seu foco é voltado para o processo de evolução, de forma que a vida dos agentes, seus deslocamentos e interações se tornam uma variável relevante da sua expressão poética. Ainda assim, após os balanços realizados e implementada a possibilidade da recombinação de DNA nos cruzamentos, um novo comportamento em termos de fenótipo emergiu. Após 132 gerações em sua versão mais rápida, um tempo bastante curto para tamanha transformação, novos agentes dominaram o espaço etéreo da Morfogênese, apresentados na Figura 156.

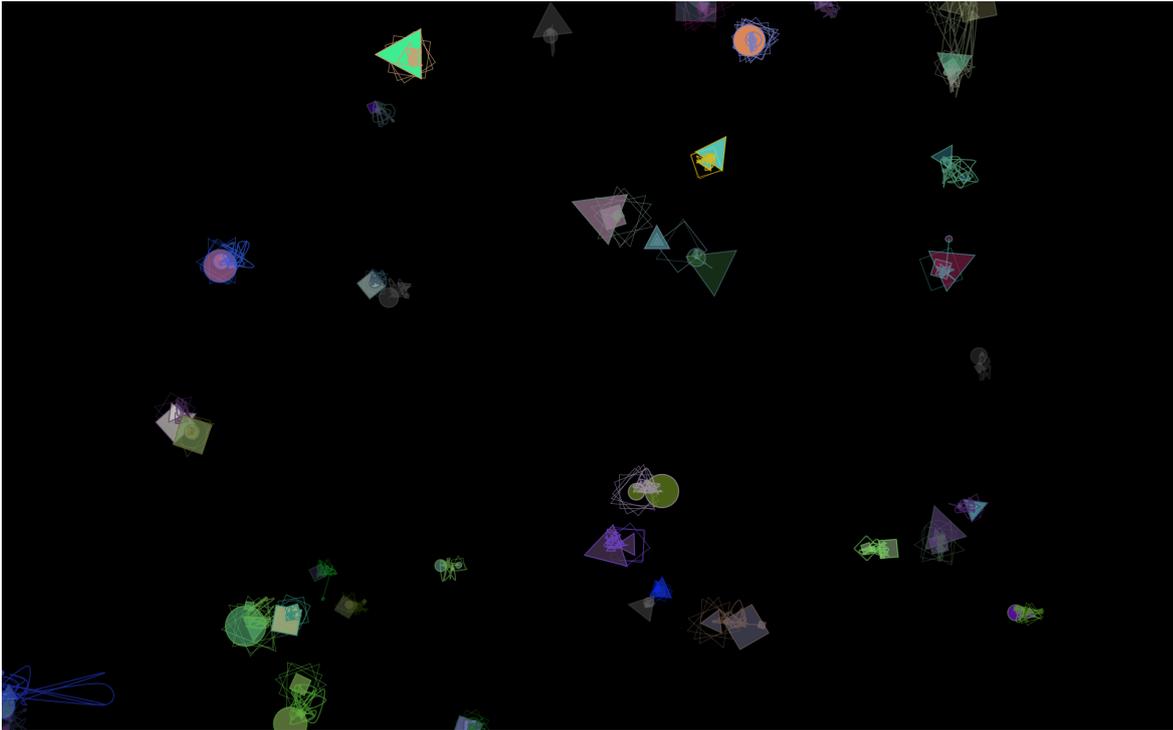


Figura 156: novos fenótipos emergentes da Morfogênese após 132 gerações.

Nessa versão, os agentes alongaram a linha de seu corpo em mais de 5 vezes, paradoxalmente reduzindo o espaço no qual a linha é desenhada. Os efeitos de atraso (*easing*) de seu corpo foram eliminados também. Como resultado, poeticamente as criaturas começaram a se locomover não mais como girinos em um líquido, mas em pequenos saltos, como um sapo. Elas também passaram a ficar fixas em um local por mais tempo e se moverem rapidamente quando precisavam pegar uma presa ou acasalar. A sensação transmitida ao se ver essa criatura, é que ela tentou armazenar a linha que compõe o seu corpo dentro da sua forma geométrica principal, quase como uma analogia à célula e à unidade autopoietica. Esse tipo de inovação anatômica, compreendida como uma nova camada de emergência da poética (GALANTER, 2010), nunca havia sido vista no sistema antes da recombinação de pares de DNA.

Diversos outros tipos de comportamentos de adaptação também foram observados na poética. A co-adaptação das espécies foi considerado um dos mais interessantes, e refere-se à presença de dois modos de adaptação bem sucedidos que usualmente ocorrem simultaneamente. No caso mais frequente,

um tipo de forma geométrica mantém um número elevado de criaturas no ambiente, muitas vezes formando uma ou mais colônias. Por serem muitos, eles não conseguem se manter alimentados e possuem a sua energia média baixa, ilustrada pela sua baixa opacidade. Eles se mantêm ao longo do tempo pelos cruzamentos ou pelo uso de redes que sugam a energia das criaturas submissas. Ao cruzarem, concebem uma nova geração que continua a vida da colônia.

Paralelamente, o outro grupo desenvolve a estratégia oposta, possuindo poucos indivíduos, que possuem muita energia e capacidade de lidar com várias brigas. Esses agentes possuem comida em abundância devido à falta de concorrência para se alimentar das colônias inimigas. Muitas vezes esses seres são originados pelas mutações em ambientes nos quais a sua forma já havia sido extinta. Nessas situações, os seres mais fortes caçam o grupo maior, como se fossem predadores de um cardume, ganhando as brigas uma a uma, e se tornando cada vez mais fortes. Eles realizam uma espécie de “pastoreio” do rebanho inimigo.

É interessante notar que essa situação é decorrente da adaptação dos sujeitos ao seu ambiente, ou seja, quando expostos aos outros agentes no mesmo contexto, sendo que ambos os grupos são compostos pelos mesmos algoritmos, fazendo com que esses comportamentos distintos sejam frutos de uma co-adaptação, em um processo de seleção natural. Essa convivência poderia ser caracterizada como Mutualismo Facultativo, ao se pressupor que seja vantajoso para ambas as espécies.

Foram observados dois desfechos diferentes para essas situações. No primeiro, o predador mais forte consegue se alimentar até acabar com o grupo maior inteiro, que ocorre quando a colônia se reproduz mais lentamente. Foi observado um caso em que um indivíduo foi capaz de eliminar 96 seres da outra espécie. No segundo, o cardume percebe que é mais forte se agir em grupo e ataca o predador de uma só vez, eliminando o predador rapidamente. Seguem duas imagens que ilustram um cardume de seres triangulares sendo perseguidos por indivíduos quadrados e circulares (Figuras 157 e 158) e, na sequência, uma colônia de círculos em redes ameaçadas por um quadrado (Figura 159).



Figura 157: comportamento de cardumes de triângulos e predadores quadrados e círculos na ecologia da Morfogênese.

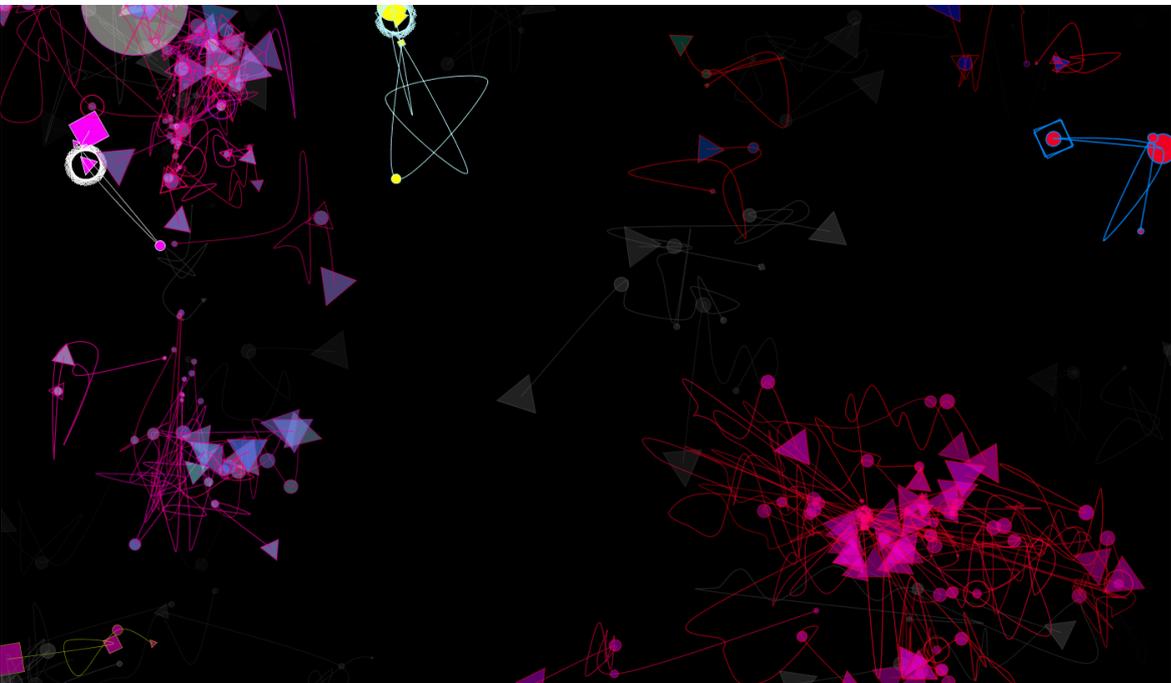


Figura 158: outro exemplo de comportamento de cardumes de triângulos e predadores quadrados e círculos na ecologia da Morfogênese.



Figura 159: Mais um exemplo de comportamento de cardumes de círculos em rede ameaçados por um predador quadrado na Morfogênese.

Essa é uma situação na qual a adaptação emerge das ações que ocorrem no nível micro, seguindo regras menores voltadas para os seus vizinhos, gerando padrões no nível macro de toda a comunidade de seres semelhantes. É como se o grupo inteiro constituísse uma nova entidade, adaptando-se ao mundo no qual foi concebido. O mesmo tipo de efeito ocorre nas nossas estruturas sociais ou mesmo em outros organismos naturais, como abelhas e formigas (JOHNSON, 2003).

Outro comportamento observado, considerado emergente, é formação das grandes colônias de grupos, redes ou da mescla de ambas. Em casos em que os grupos são muito grandes, é comum a presença de indivíduos que utilizam as suas redes para prender seus semelhantes, forçando a sua submissão. Isso ocorre quando um indivíduo possui a forma da sua cabeça igual à de seu pescoço, conforme descrito na seção anterior. Nesses casos, a criatura consegue prender seus semelhantes nos pontos de seu próprio corpo, fazendo com que eles reproduzam e forneçam mais energia ao indivíduo, que também reproduz e concebe uma nova geração com mais energia ainda para sustentá-lo, quase

como um sistema de castas.

Essa adaptação consegue fazer com que a colônia permaneça viva ao longo do tempo, mesmo sem a presença de inimigos que possam ser caçados, mortos e digeridos. Também é importante destacar que essas redes não utilizam nenhuma hierarquia ou centro. Elas podem ser fragmentadas em qualquer ponto, como os rizomas de Deleuze e Guattari (2000a), gerando novos beneficiários. Segue um exemplo de colônias compostas por grandes grupos, que funcionam somente por colaboração ou que utilizam a submissão como recurso de sobrevivência (Figura 160).

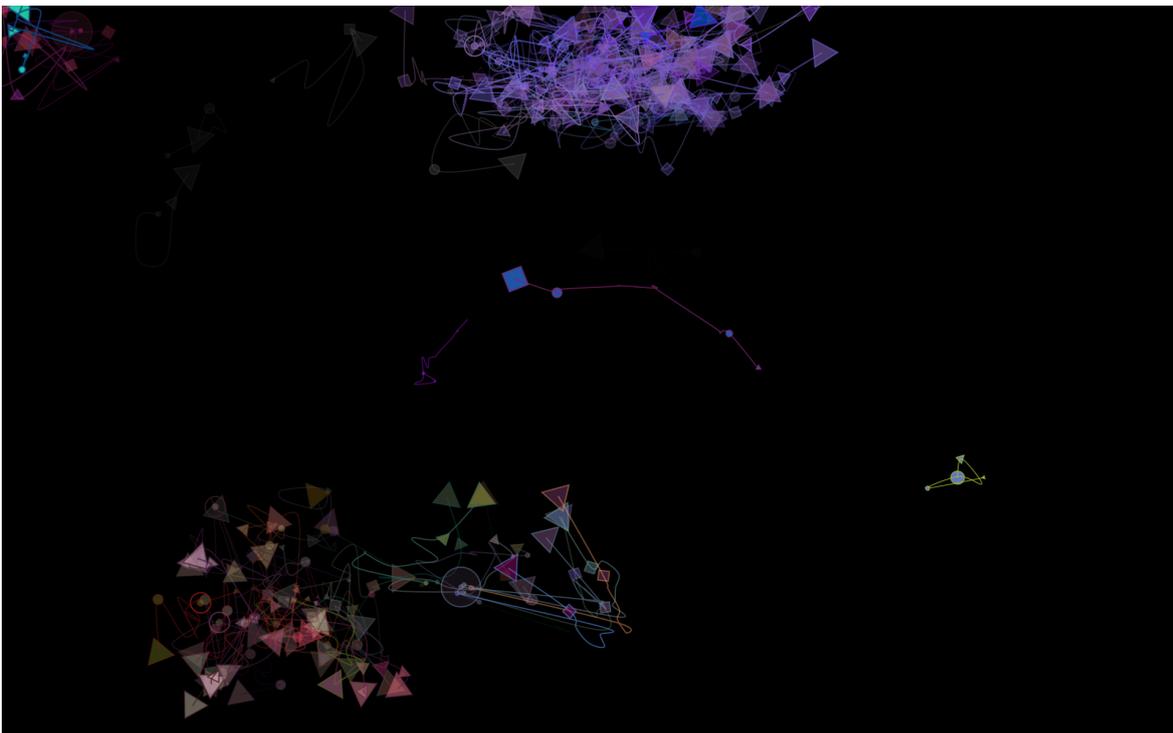


Figura 160: comportamento de grupos de semelhantes (cabeças e rabos iguais) e teias (cabeça e pescoços iguais) combinados em uma composição na Morfogênese.

Já nos casos em que as redes são formadas com inimigos, o equilíbrio é mais instável e depende da taxa de reprodução dos seres subordinados. Quando eles conseguem aumentar o seu número rapidamente, podem acabar conseguindo atacar seu dominador e eliminá-lo, libertando-se da rede de seu corpo. Esse é o desfecho mais frequente quando ocorrem esses casos.

Independente disso, essa forma de rede não costuma durar muito tempo. Muitas vezes, a criatura dominadora consegue derrotar os seus subordinados aos poucos e consumir a sua energia, eliminando a rede. Contudo, nessas situações, o dominador acaba sobrevivendo ao processo, tornando a estratégia bem sucedida. A rede composta por inimigos costuma ser mais aberta e fragmentada, ilustrada pela Figura 161.

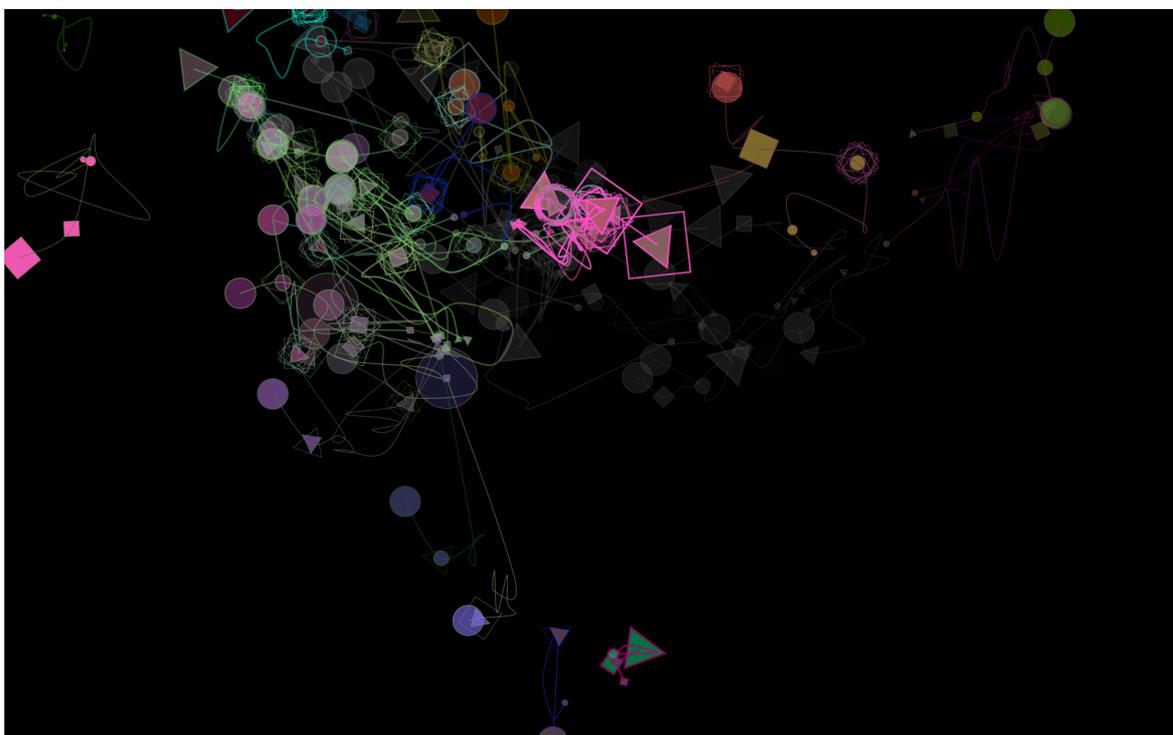


Figura 161: comportamento de grupos de círculos que escravizaram triângulos em suas redes na Morfogênese.

Muitas vezes, as colônias acabam se separando e criando variações sonoras e de cores, demonstrando as possibilidades de variação dos seus espaços genéticos. Ainda, surgem as colônias irmãs, que possuem o mesmo tipo de forma geométrica em sua cabeça, mas com caudas diferentes, que conseguem evoluir lado a lado. Nesses casos, elas são capazes de acasalar em conjunto e se proteger de seus inimigos por meio de bandos maiores. Segue um exemplo de adaptação com colônias irmãs na Figura 162.

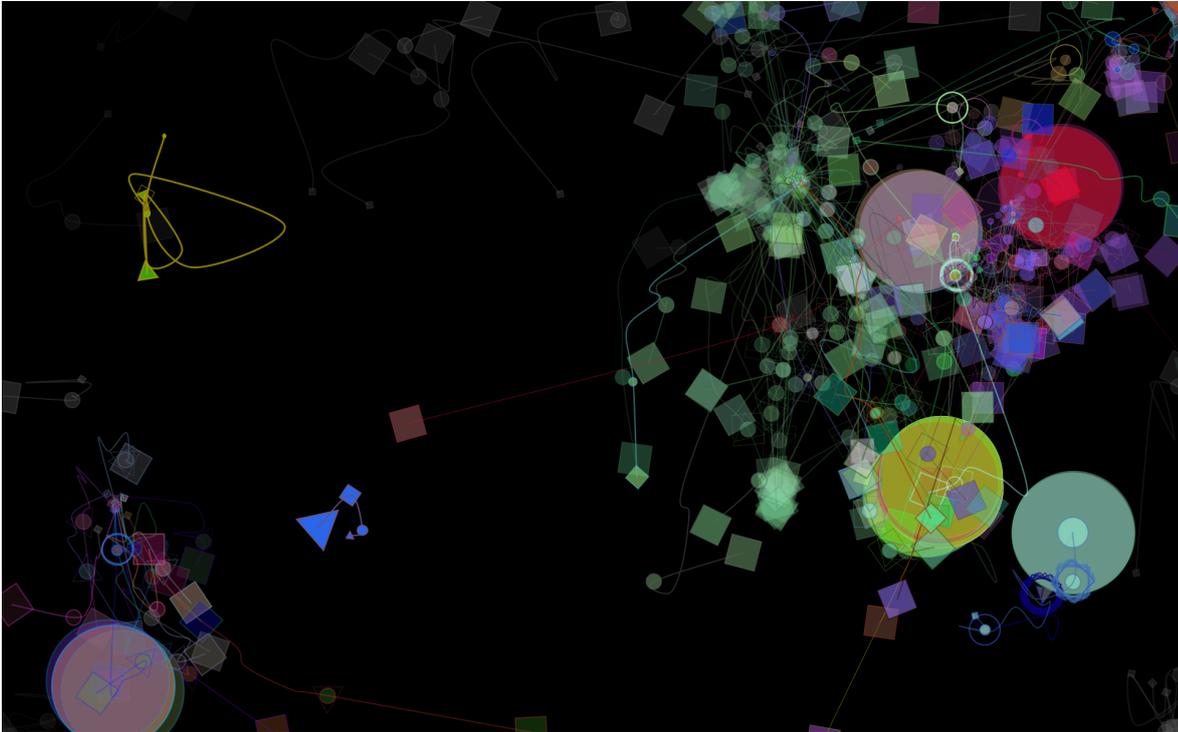


Figura 162: comportamento de colônias irmãs de quadrados formadas somente por grupos cooperativos em uma composição da Morfogênese.

Em suma, considera-se que todas as comunidades de indivíduos que conseguem transmitir as suas características genéticas ao longo de gerações são bem sucedidas em seu processo de adaptação, independente do fato de constituírem as redes rizomáticas, tão presentes na Morfogênese. Como as regras imbuídas em cada ser são definidoras do seu comportamento com relação aos seus vizinhos, todos os macro padrões resultantes, como os apresentados nesse tópico, são considerados emergentes.

Da mesma maneira, as paisagens sonoras oriundas dessa adaptação estimulam o processo de imersão e geram contextos com mais especificidades, sugerindo sensações diferenciadas, como sons com timbres aquáticos ou percussões mais secas. Em movimento, juntamente com os sons reproduzidos, a experiência vai além das imagens apresentadas, promovendo uma imersão no ambiente microscópico da Morfogênese. A partir dessas diferentes camadas de emergência apresentadas, entende-se que o sistema seja capaz de expressar o

significado pretendido para a poética, o comportamento da vida como sistema complexo, derivado da seleção acumulada e das instáveis interações entre os seus atores.

Após descrever as possibilidades de arranjos permitidos pela poética e dos seus principais desdobramentos endógenos, são descritas a seguir algumas das experiências iniciais do contato direto com os seus interatores.

4.3 Contatos imediatos de quinto grau

Até o momento da elaboração do presente relato, a Morfogênese foi exposta em quatro mostras diferentes, todas realizadas nos anos de 2012 e 2013. Elas ocorreram em Brasília e no Rio de Janeiro, e foram bastante heterogêneas em termos de perfis de público, realizadas em eventos direcionados ao tema de Arte e Tecnologia e eventos em temas menos centrais, como os jogos digitais.

Na primeira situação de exposição ao público, a poética foi exibida na mostra do Hiperorgânicos na Cúpula dos Povos 2012 em parceria com Francisco Barretto, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Artes da Universidade de Brasília. Nesse momento, foi utilizada a versão mais simples do sistema, com o conteúdo projetado e sem a interferência direta do público. Apesar disso, o fluxo de dados que gerou o DNA das criaturas foi fornecido por uma outra poética, com sensores que captavam sinais de cactos situados em diferentes regiões do país, tornando a manifestação da Morfogênese como um desdobramento de uma outra poética, uma releitura.

Em outras duas situações seguintes, foi utilizada uma tela *SmartBoard da Smart Technologies*, que permite o toque direto na tela, a versão mais simples de interação disponível (Figura 163). Nesse dois casos, pôde ser observado o contato direto dos interatores com a poética proposta. Como o seu contexto de apresentação foi bastante distinto, as reações por parte do público também foram

diferenciadas.

Em sua segunda apresentação, a Morfogênese foi exibida na Exposição EmMeio#4.0, dentro do 11º Encontro Internacional de Arte e Tecnologia (#11.ART): Homo Aestheticus na Era Digital, ocorrido em Brasília, por cerca de quatro semanas. Nesse local, os interatores agiam mais intencionalmente com o sistema, tentando direcionar as criaturas e controlá-las, reagindo com surpresa às consequências inesperadas de suas ações (Figuras 164, 165 e 166).

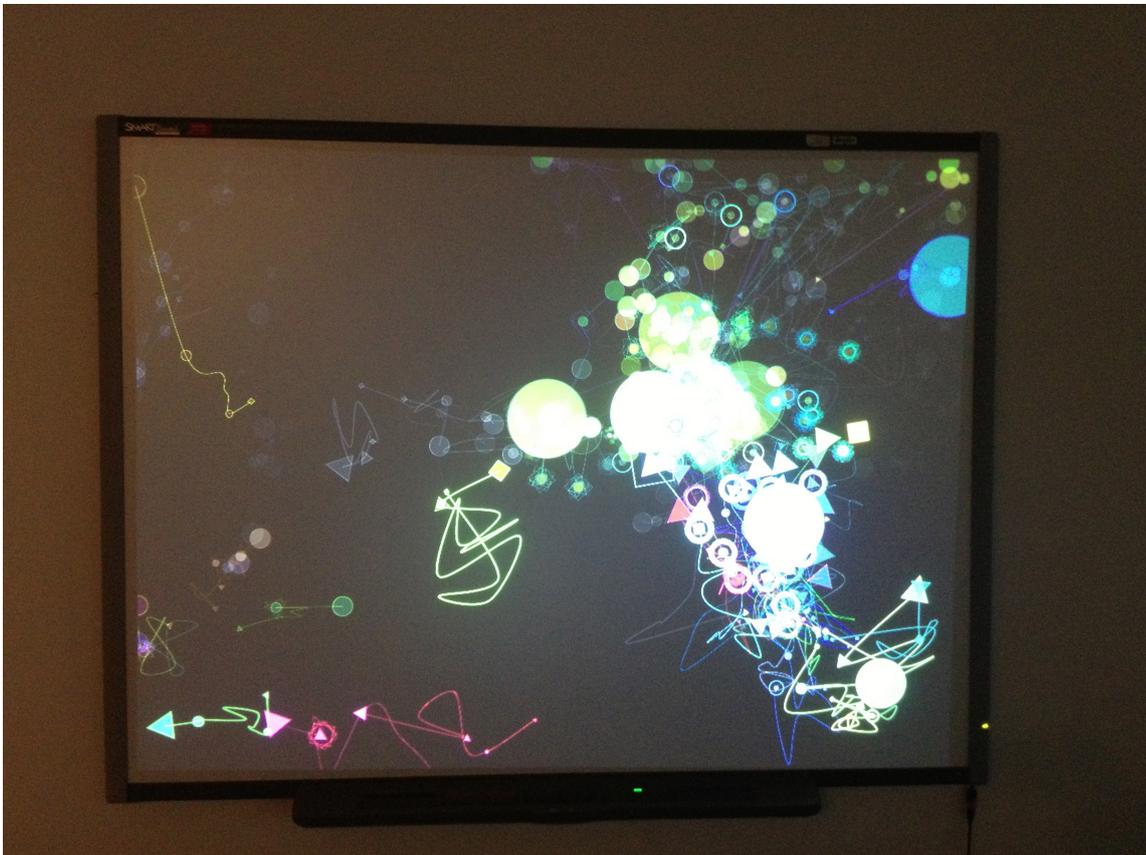


Figura 163: tela *SmartBoard* utilizada para exposição da Morfogênese.

Em alguns casos, as criaturas provocadas fugiam e eram perseguidas pelos interatores. Nessas situações, na maior parte das vezes os agentes acabavam morrendo pelo ataque de outros seres. As reações do público foram diversas: algumas pessoas ficavam entretidas pelos efeitos ocasionados, enquanto outras permaneciam mais sérias, como se algum evento grave tivesse acabado de

acontecer. Algumas verbalizações corroboram as observações realizadas, como por exemplo, *“acho que estraguei esse trabalho”* ou *“chama o dono porque deu um problema aqui, eles estão morrendo”*.

Ainda, ao não perceber exatamente qual o comportamento programado para as criaturas, mas atribuindo a elas a característica de seres vivos, as pessoas tentavam estabelecer relações e interpretar os eventos. Foram observadas verbalizações como *“ela não me obedece, acho que só obedece ele ali”* e *“mas eu estou chamando e elas não estão vindo...”*.

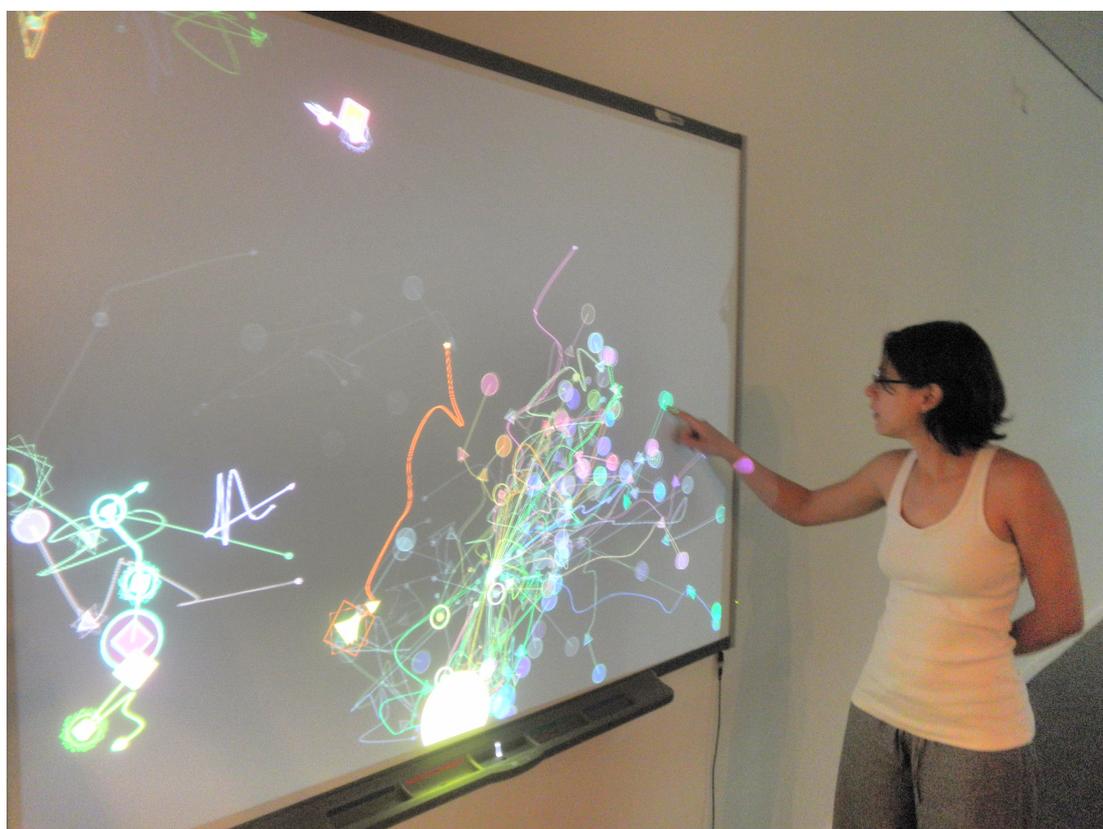


Figura 164: interação do público com a na exposição EmMeio#4.0.



Figura 165: outro exemplo de interação do público com a na exposição EmMeio#4.0.

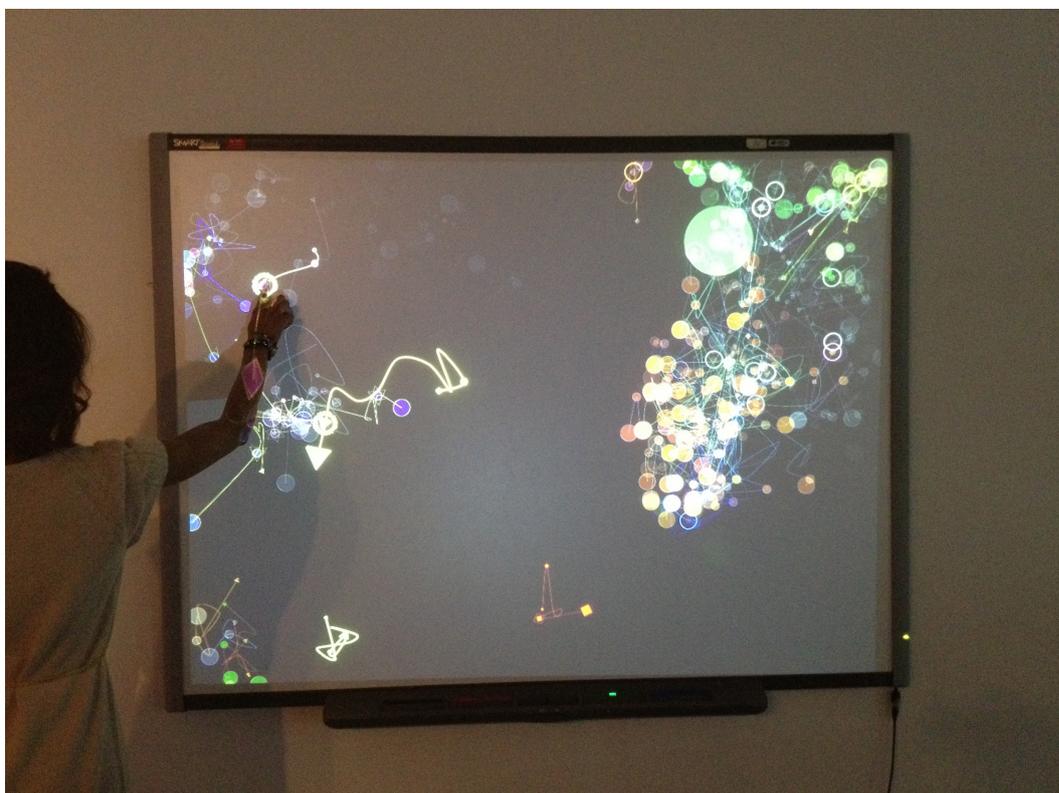


Figura 166: mais um exemplo de interação do público com a na exposição EmMeio#4.0.

A terceira exposição foi realizada na Mostra de Artes do XI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames 2012), ocorrido em Brasília no período de três dias somente (Figura 167 e 168). Nesse evento, foi utilizada a mesma tela *SmartBoard* da exposição anterior, mas o público foi bastante distinto. Guiado pelos outros recursos disponíveis no evento, relacionados aos jogos digitais de entretenimento e tecnologias de simulação, o público interagiu por menos tempo com a Morfogênese. Ao não entender o funcionamento do sistema e não conseguir estabelecer vínculos com as criaturas, o interator buscava por outra atração. Esse comportamento reforça a afirmação de Couchot (2003) sobre a Arte Interativa, que demanda de seu público um engajamento maior, mais propício em contextos nos quais o objetivo artístico das poéticas é expreso.

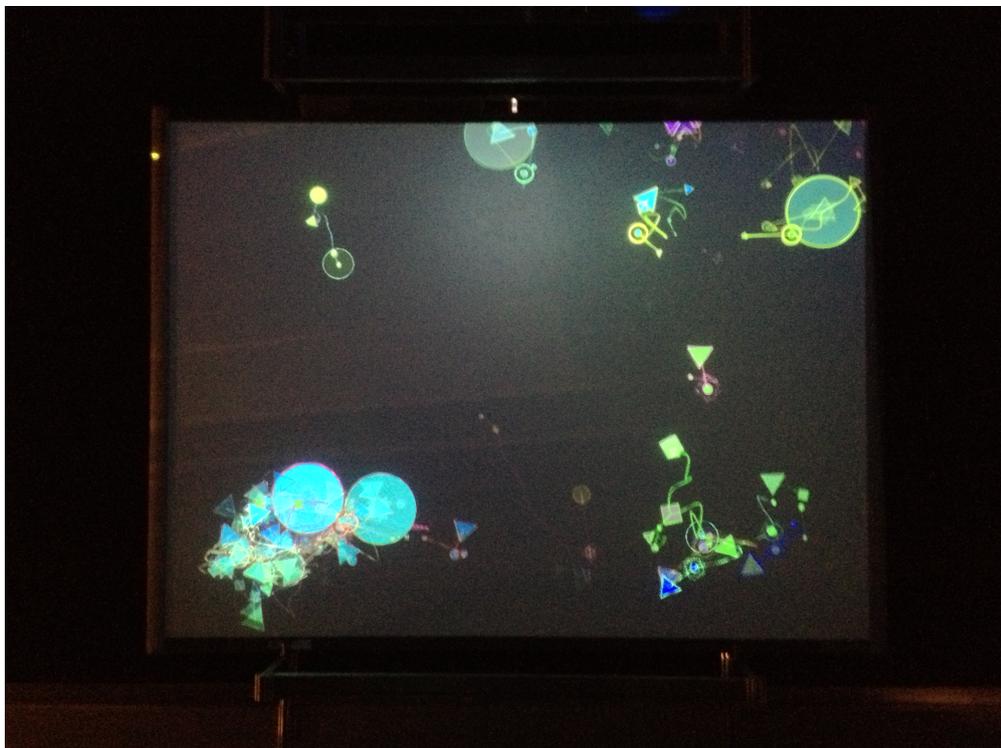


Figura 167: Morfogênese exposta na Mostra de Artes do SBGames 2012.

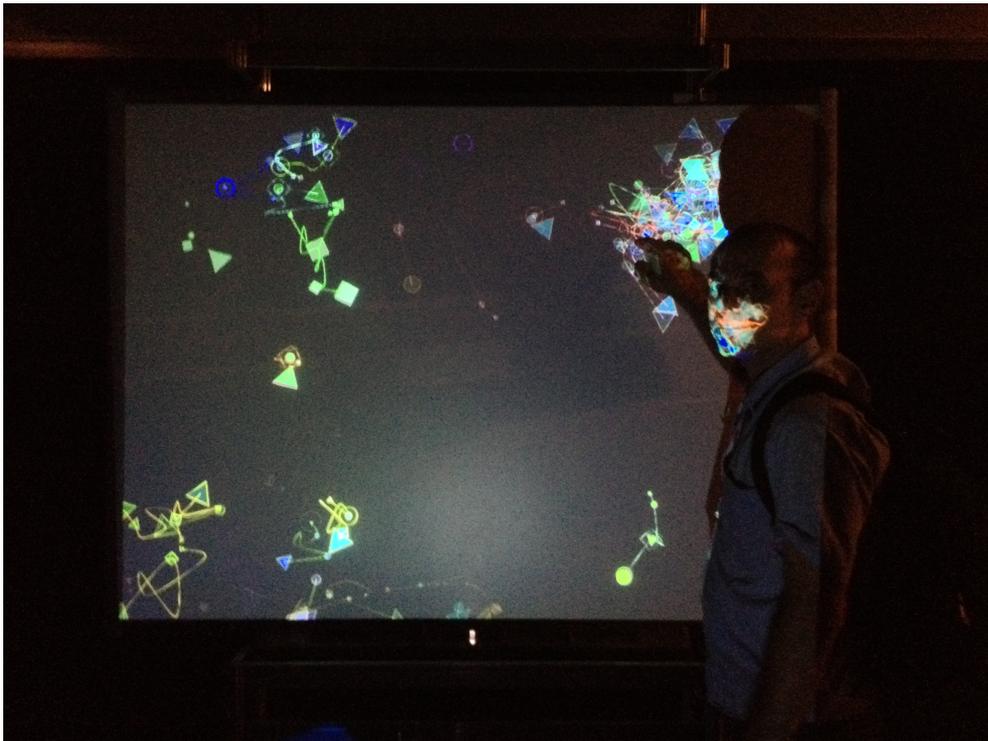


Figura 168: interação do público com a Morfogênese na Mostra de Artes do SBGames 2012.

Em uma inferência quanto à experiência dos interatores, foram observados casos em que percebe-se que o efeito de pré-ativação (STERBERG, 2000) pelo contato com as outras obras interferiu nas estratégias elaboradas pelos interatores. Em alguns casos, foram vistas pessoas dançando em frente a tela de toque, considerando que o movimento de seu corpo estava interferindo diretamente no comportamento dos seres. Essa ação acompanhou a fala *“funciona sim, olha só como eu danço mais rápido e eles ficam mais agitados”*. Acredita-se que, nesses casos, a explicação de alguns poucos elementos da obra e da intenção poética do autor por um monitor ou por um resumo escrito poderia favorecer o processo de imersão por parte do público.

Ainda, a sua interface mais primitiva, que não disponibiliza nenhum metadado aos interatores sobre as ocorrências no ambiente artificial, também dificulta uma interpretação acurada à curto prazo. De qualquer forma, o ambiente parece gerar um contexto que influencia a maneira como as pessoas percebem o universo proposto, sendo a multiplicidade de visões sobre a poética mais uma

característica presente na Arte atualmente. Conforme ressalta Rocha (2005), essa ambiguidade é fundamental na mensagem artística, que permite uma série de leituras sempre variáveis, adotando-se no ato interpretativo também uma noção estética.

A quarta apresentação da poética foi realizada na exposição EmMeio#5.0, durante o 12º Encontro Internacional de Arte e Tecnologia: Prospectiva Poética (#12.ART), ocorrido em Brasília no ano de 2013. Nessa versão, optou-se por uma estrutura que permite ao interator viver o papel de um dos agentes computacionais por meio de um *Joystick*. Nesse contexto, foi utilizado um controle de *PlayStation3* ligado à um iMac, disponibilizados em uma pequena mesa com um assento individual em forma de *puff* (Figura 169).

Essa versão da poética foi proposta como uma resposta às experimentações do ano anterior. Nas versões em que a tela de toque foi empregada, o principal foco dos interatores foi o resultado coletivo dos agentes, os seus arranjos visuais e sonoros, assim como as possibilidades de interferências que poderiam ser realizadas nessas composições. Entretanto, o processo que origina o arranjo foi muitas vezes despercebido. Assim, ao se propor o uso de um *joystick* para o controle de um agente computacional específico, os interatores tentavam manter a sua vida, se tornando capazes de perceber o seu papel na constituição da complexidade visual do sistema. A vida dos agentes é muito curta e as suas características visuais e sonoras imutáveis. Os arranjos se auto-organizam justamente pelo passar das gerações, que transformam os seus corpos pelos cruzamentos genéticos ocorridos.



Figura 169: configuração da instalação com uso do *joystick* para a mostra EmMeio#5.0.

Além disso, essa organização sugere ao público um questionamento mais direto sobre a vida, pois não é explícito nenhum objetivo esperado para a interação. Em pouco tempo, ao lidar com as dificuldades da sobrevivência imediata, outras preocupações povoam as mentes dos interatores. “O que eu devo fazer?” ou “por quê estou vivo nesse ambiente?” são perguntas frequentes dos seus interatores nessa versão da poética. A ausência de respostas os leva aos problemas filosóficos discutidos por Heidegger em 1927 (2000; 2008), sobre as angústias da condição da vida enquanto posterior à inserção em seu contexto, desprovida de finalidade. Em alguns casos foi percebida a relação entre a vida artificial personificada e a vida real do interator, observado pelas suas falas e expressão corporal. A interação do público com a poética nessa versão de instalação pode ser visualizada nas Figuras 170, 171 e 172.

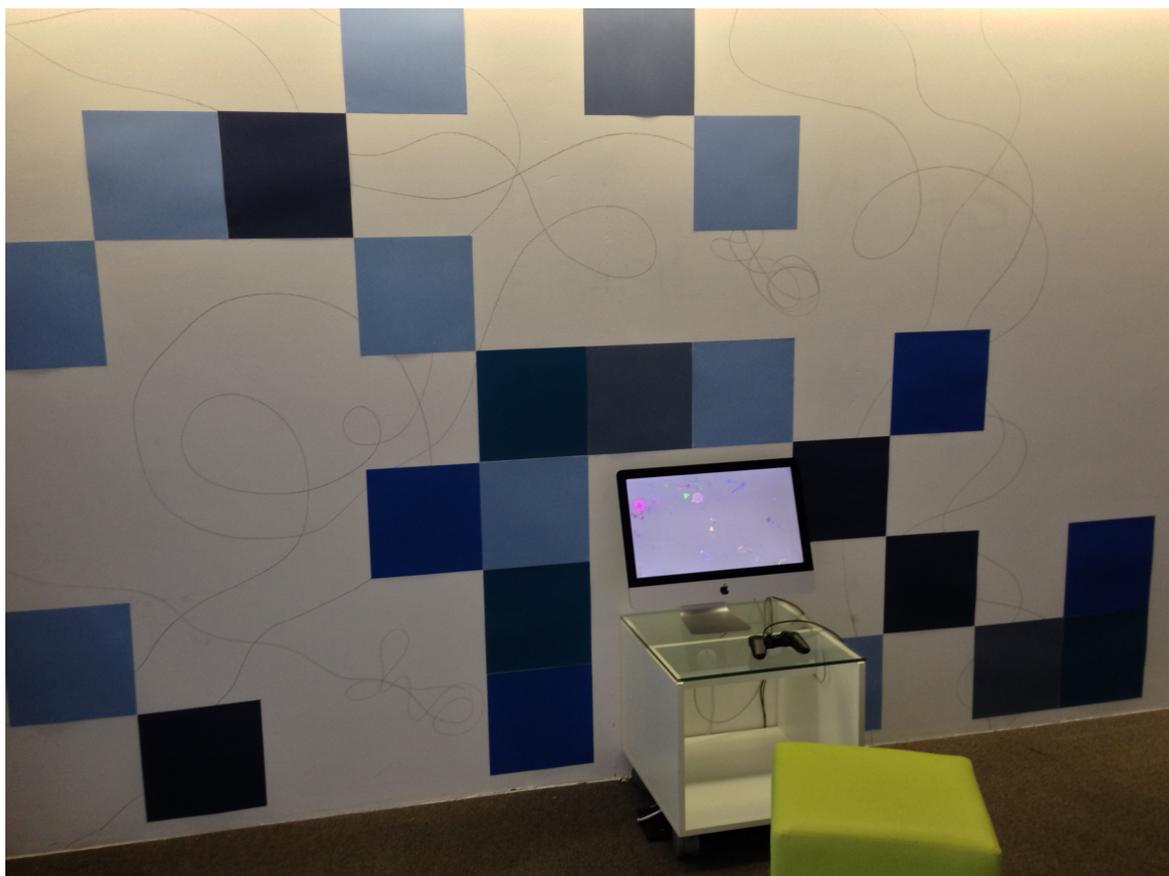


Figura 170: Morfogênese na mostra EmMeio#5.0.

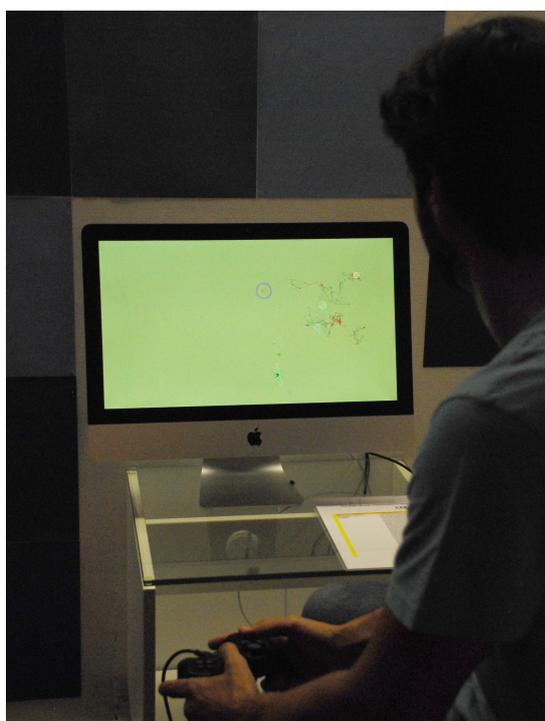


Figura 171: exemplo de interação na configuração da mostra EmMeio#5.0.



Figura 172: situação de interação com o público na mostra EmMeio#5.0.

Como pode ser visto nas Figuras 170 e 172, a configuração adotada para a mostra EmMeio#5.0 acabou sendo mesclada à poética que sugeriu a estética de sua interface gráfica, *Tanque de Esboços*, apresentada na Figura 48. Assim, foi sugerida a noção de um ambiente aquático por uma nova versão estática do *Tanque de Esboços* fixada na parede, e uma visão de seu universo microscópico na tela por meio da Morfogênese.

Nas situações observadas durante a mostra, foi percebida a dificuldade dos interatores em se lidar com as condições das criaturas computacionais. A vida dos agentes se tornou um foco maior do que o esperado para o interator, que passou a perceber menos as características das composições. Os controles foram utilizados na busca por estratégias para se lidar com os constrangimentos do ambiente. É provável que nessas situações a representação causada pelo *joystick* tenha evocado traços mais relacionados ao contexto de jogos eletrônicos. Nesse sentido, o distanciamento da Morfogênese de um jogo tradicional, com a ausência de um contexto de fases e evolução do personagem, associada à redução do tamanho da tela escolhida, promoveu um certo estranhamento da sua

interface. Assim, espera-se que a próxima versão a ser apresentada ao público, com a utilização de projeções em maiores escalas e o uso do *Leap Motion*, promovam um nível intermediário de imersão na particularidade da vida artificial, permitindo aos interatores perceber as características de suas composições.

Apesar disso, é importante ressaltar que todas as estruturas adotadas nas diferentes mostras proporcionaram alguma dimensão da experiência planejada, de forma que boa parte do público atribuiu características de seres vivos aos agentes computacionais. Diversas inferências foram feitas com relação ao seu estado emocional e intenções de ação, conforme pretendido. Também, como era esperado, a falta de conhecimento sobre as regras básicas de comportamento dos seres, associada à situações inesperadas por parte dos interatores, proporcionaram reações mais acentuadas por parte das pessoas.

Quanto à avaliação estética, diferentes composições despertaram o interesse do público em situações distintas. Geralmente, os arranjos considerados mais atrativos ocorreram na presença de grandes colônias que compartilhavam a sua cor e som, criando paletas com cores próximas e sons em escala. Nessas situações, a maioria dos seres atuava de maneira harmônica, com poucos agentes contrastantes com a cor do fundo, da colônia e dos sons produzidos. Essas situações se mostram coerentes com a proposta de Galanter (2010) de adoção da complexidade efetiva como preditor da avaliação estética. Nesses casos, as regras internas de comportamentos do sistema criaram as arquiteturas complexas e orgânicas ilustradas nos tópicos anteriores. Talvez, o distanciamento de sua disposição de um padrão puramente caótico tenha auxiliado os interatores à inferir a vida e a inteligência aos agentes computacionais.

Em outras situações, os interatores foram atraídos pelos gritos estridentes de algum agente e pelos caleidoscópios coloridos derivados de sua dinâmica no meio. Muitas vezes, o público infantil foi quem mais se entreteve com essas características, utilizando a poética como uma espécie de aquário reativo. Esse comportamento pode ser ilustrado pelas Figuras 173 e 174, nas quais o meu filho Luca, com apenas um ano de idade, infere a vida aos agentes artificiais e brinca com seus deslocamentos e reações.

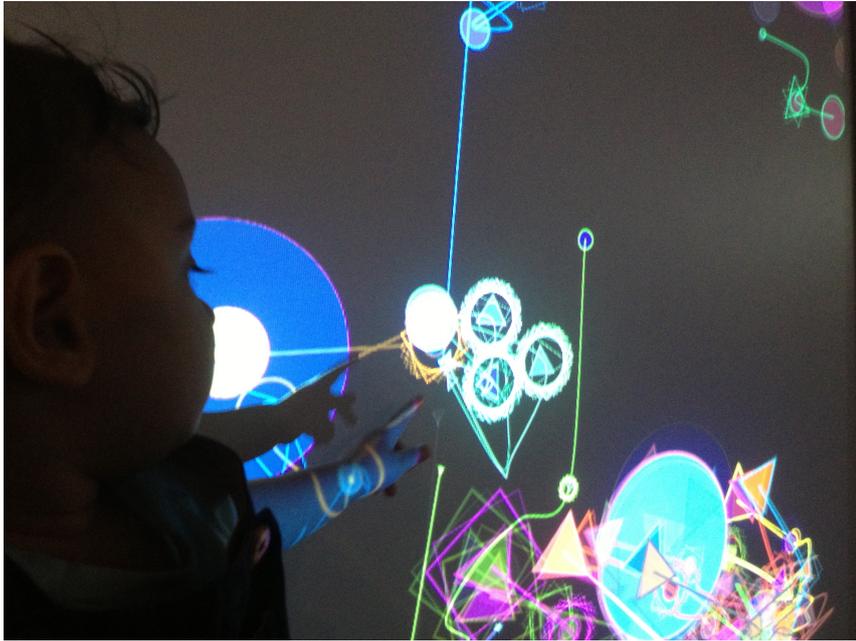


Figura 173: meu filho Luca, cutucando as formas geométricas que inspirou a nascer.



Figura 174: Luca vendo as formas geométricas fugirem ao seu toque.

Em futuras oportunidades, pretende-se levar para outras mostras as possibilidades de configuração da Morfogênese. Por exemplo, espera-se permitir aos interatores uma visualização do universo proposto em uma escala de

projeção bem maior do que os casos anteriores, favorecendo a sua imersão. Ainda, espera-se permitir que as suas versões de desenhos dinâmicos possam compor as cenas da mostra, fazendo com que a presença dos iteradores seja determinante das suas composições.

Outras possibilidades de relacionamento entre iteradores e poética estão em fase de desenvolvimento. Uma outra vertente do trabalho, realizada em parceria com o professor Guilherme Novaes Ramos do Departamento de Ciência da Computação da Universidade de Brasília, busca a adoção de uma avaliação estética híbrida para as situações e cruzamento, conforme os estudos propostos por Galanter (2010). Nessa versão, os comportamentos dos agentes foram completamente remodelados, conforme ilustra a Figura 175.

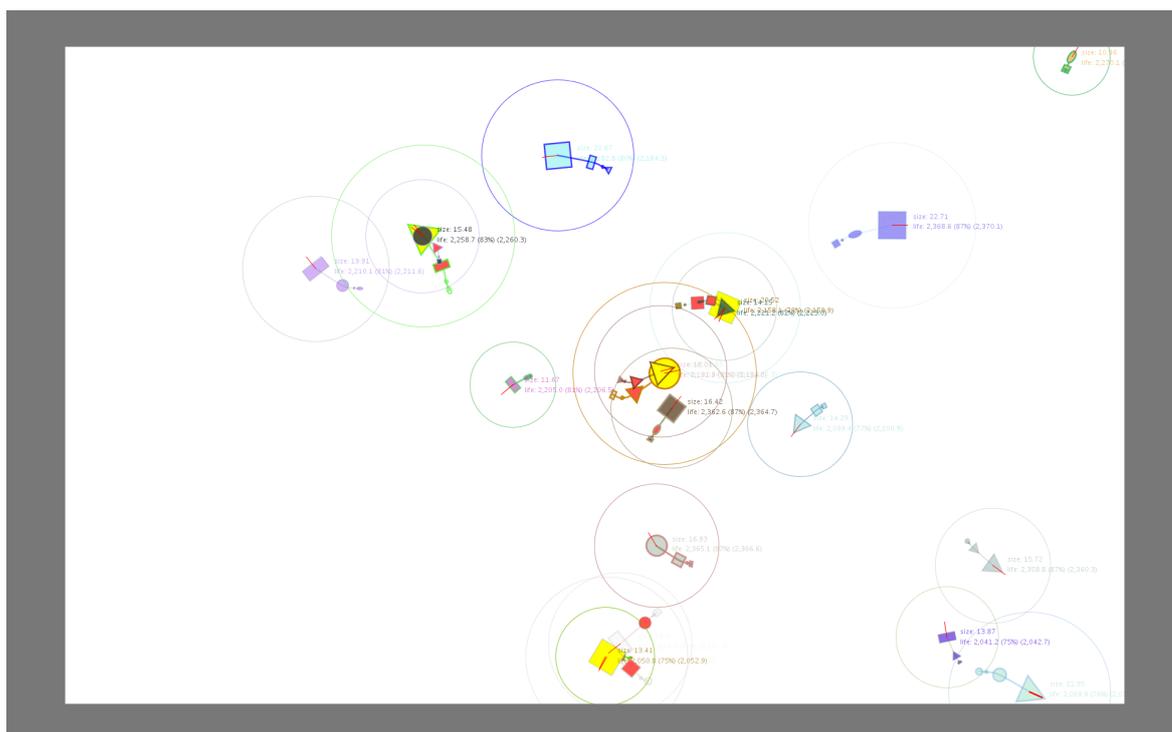


Figura 175: versão concebida em parceria com o professor Guilherme Novaes Ramos.

Contudo, nessa versão as composições se tornaram muito diferentes das anteriores devido ao comportamento dos agentes e da estrutura de seus corpos. Assim, está se buscando para essa versão uma outra possibilidade de expressão

poética, voltada para a demonstração de mais camadas de emergência pelo sistema. Esse efeito será buscado pela redefinição das regras de constituição dos agentes a partir de seu DNA, buscando-se uma inspiração direta na natureza, conforme propôs Karl Sims (1994) em *Evolved Virtual Creatures*. Nessa versão, o seu DNA deve conter as regras de construção e os seus componentes com funções relacionadas, permitindo que diferentes espécies se desenvolvam ao se navegar pelo espaço genético das criaturas durante seu processo evolutivo.

Ainda, uma outra versão, que permite o deslocamento de uma criatura para outro ambiente por meio de uma rede *wifi*, também está sendo finalizada em parceria com Fabrício Nogueira Buzeto, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade de Brasília. Ela é uma adaptação da versão atual da Morfogênese ao *middleware* desenvolvido μ OS, que permite a comunicação direta entre as aplicações em tempo real de execução.

Essa é uma forma mais sofisticada de conduzir os agentes a outros ambientes, pois nas versões experimentadas pelo autor, a adoção de *sockets* se mostrou inviável. Ela demandou o uso de versões distintas da aplicação, acionadas em uma ordem pré-determinada. Ainda, a transmissão de todas as 46 variáveis de seu DNA ocorreu por meio de uma única *string*, que teve que ser quebrada, convertida em números inteiros e transferida ao valor do DNA da criatura no novo ambiente. Isso sem contar as variáveis necessárias para a transmissão de seus estados no ambiente original, pertinentes caso o objetivo seja a transmissão de um agente específico e não apenas a criação de um clone no novo ambiente.

A possibilidade de se transferir os agentes de um ambiente computacional para outro permite a ampliação da experiência estética pretendida, elevando as interações endógenas ao nível projetado para as interações endógenas do sistema. Ou seja, ao ser levado de um ambiente para outro, os agentes computacionais são capazes de exercer uma interferência no equilíbrio do novo ambiente, transformando mais radicalmente o seu curso natural de evolução, simulando a ação dos iteradores. Assim, são possíveis situações de mostra que exibam diferentes ambientes em estágios diferentes de evolução, interligados

pelas interferências mútuas realizadas. Um exemplo da versão de testes desenvolvida pode ser vista na Figura 176, que exibe duas telas da Morfogênese em máquinas virtuais distintas utilizadas para os testes.

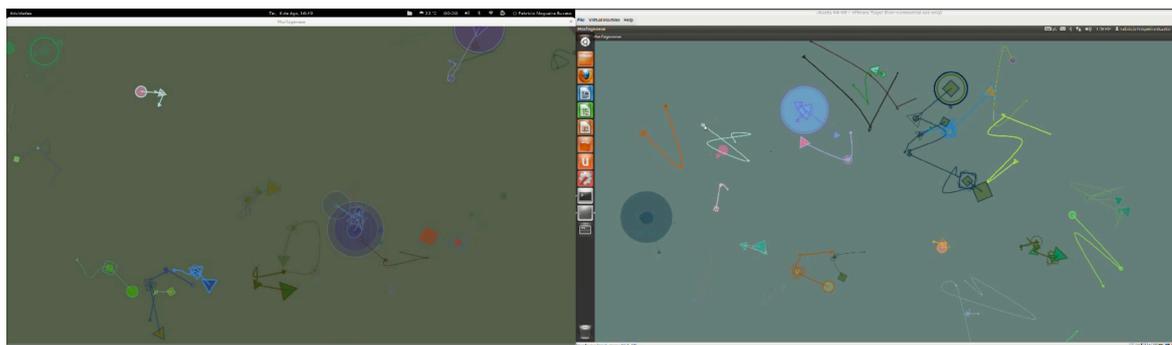


Figura 176: versão concebida em parceria com Fabrício Nogueira Buzeto, na qual os agentes podem migrar de uma aplicação para a outra por meio de uma rede *wifi*, ilustrada pelo uso de uma máquina virtual.

Pretende-se expor ao público essa versão com migração dos agentes, criando diversos nichos com situações de equilíbrio distintas, transformadas pelo deslocamento das criaturas entre as aplicações. Entretanto, os desdobramentos futuros da Morfogênese precisam ser sempre relacionados aos objetivos originais da poética: evidenciar o processo de vida ao interator por meio de uma vivência do funcionamento de seu sistema complexo.

Com relação a sua versão atual, denominada Morfogênese 2.0, uma outra variante do seu código está sendo concebida. Em parceria com a professora Marília Lyra Bergamo, do Departamento de Desenho da Escola de Belas Artes da Universidade Federal de Minas Gerais, o código da Morfogênese está sendo completamente refeito, mantendo-se todos os seus comportamentos originais em uma organização adequada, respeitando-se as práticas de programação vigentes. Essa versão visa a sua publicação para a comunidade de software livre, com intuito permitir a apropriação do código por outras pessoas sem restrições. Assim, a Morfogênese pode se manter ao longo do tempo por diversas releituras e aprimoramentos organizados de maneira colaborativa, evoluindo e adaptando-se

para se manter pertinente, conforme propõe sua poética.

Após a apresentação das possibilidades de interações endógenas e exógenas do sistema, são discutidos seus extratos de significação enquanto poética na apresentação da afirmação da Morfogênese.

4.4 A afirmação da Morfogênese

A última seção do presente relato apresentou a Morfogênese enquanto resultado. Após descrever as suas possíveis composições com seus arranjos emergentes e as experimentações ocorridas com seus iteradores, o tópico atual visa formalizar as questões ideológicas que permeiam a poética proposta. Antes de iniciar a exposição das camadas de interpretações sugeridas para a Morfogênese, realiza-se uma breve reflexão sobre a sua natureza.

A poética é proposta no contexto da Arte Computacional, entendida não somente como uma expressão por meio de processos computacionais, mas como uma poética com estética própria, derivada do uso dos processos determinísticos e probabilísticos, evidenciados pela sua interface. Ela não replica uma estética advinda do uso de outras tecnologias, como a fotografia ou o vídeo, mas evolui junto com a tecnologia computacional, utilizando a sua crescente capacidade de processamento e renderização. Isso permite a sua expressão em uma linguagem própria, contemporânea, que ilustra o comportamento de sistemas complexos a partir da inspiração da evolução da vida, diferenciando-se dos trabalhos dos anos 80 e 90, focados em experimentações com algoritmos fractais ou com sistemas de mutação nas composições imagéticas (LAMBERT, LATHAM & FOLLEYMARIE, 2013).

Mais do que isso, compreende-se a poética como um resultado derivado da natureza dessa linguagem de maneira mais direta, representando a multiplicidade de possibilidades dentro das aleatoriedades desses processos lógicos

determinísticos. Nesse sentido, os processos computacionais não são somente o meio ou matéria-prima de sua constituição, mas também o foco da poética expressa, conforme discutido nas seções anteriores. São esses processos que os interatores devem explorar, experimentar, interagir e refletir. São as improbabilidades prováveis, que explicam o paradoxo da vida proposto por Schrödinger em 1943.

Conforme aponta Rocha (2005) sobre a experiência estética cibernética, poéticas computacionais possuem algumas especificidades dos sistemas maquínicos, como a matemática, lógica, engenharia, ciência, e não só os seus elementos plásticos. Ela relaciona Arte, Ciência e Tecnologia de uma maneira única. Segundo o autor, nesse tipo de obra, é comum que o interator possa se dedicar às suas questões depois do processo inicial de assimilação, continuando a reflexão sobre o seu impacto e ampliando a sua experiência estética. Nesse sentido, os trabalhos podem ser desenvolvidos para serem observados em diversos extratos, com camadas de interpretações e reflexões possíveis, mantendo-se a possibilidade de ambiguidade, fundamental na mensagem artística. Ainda, geram a multiplicidade do ato interpretativo como uma noção estética, conforme proposto anteriormente.

Por isso, a poética foi concebida considerando-se essas premissas, nas quais diferentes extratos de significação podem ser percebidos. Com isso, aprofunda-se a reflexão oriunda da experiência estética, afastando-se de sua superfície inicial de contato, sua interface, rumo aos questionamentos sobre o nosso papel no planeta e sobre a vida. Nesse sentido, para que seja experimentada em todos os seus extratos, ela demanda do interator um engajamento profundo, paciência, disponibilidade, curiosidade e autonomia, conforme aponta Couchot (2003) sobre as características de poéticas interativas atuais.

Os primeiros contatos com a Morfogênese ocorrem pela percepção de seus arranjos coloridos e de suas composições acústicas aleatórias. Por isso, a apreciação estética se inicia pela assimilação desses elementos dinâmicos visuais e sonoros. Nesse momento, é provável que o foco da atenção do interator

seja direcionado às paletas de tons próximos auto-organizados, formas geométricas dinâmicas, linhas orgânicas, deslocamentos contínuos e escalas randômicas de sons produzidos, apresentados nos tópicos anteriores.

Essa é a camada mais superficial do contato com a poética. Possui a provocação da apresentação de uma organização do espaço de maneira topológica e não-euclidiana, que paradoxalmente constrói rizomas a partir de unidades que representam metaforicamente os fundamentos do espaço euclidiano, como as formas básicas, pontos e linhas. Em suas interações endógenas, percebe-se a sintaxe das suas regras de comportamento. Essa é a primeira camada de experimentação da Morfogênese, a apreciação estética direta de sua interface.

Além disso, é esperado que o interator contemple as possibilidades de interferência nos comportamentos endógenos do sistema. Quando isso ocorre, a mescla das interações exógenas e endógenas tendem a proporcionar uma nova experiência ao interator, que se torna parte do sistema. As percepções dos seus deslocamentos, movimentos, reações e mortes são ressignificadas. O processo de imersão se inicia, e o interator tem a oportunidade de mergulhar no novo universo impossível que lhe é oferecido.

Entende-se que nesse processo ocorra o início da experiência endoestética, na qual o observador participa do mundo observado. Segundo Giannetti (2006), nessas situações, o interator tem a experiência perceptiva e uma consciência dentro do jogo de simulação, um endossistema. No caso da poética proposta, entende-se que ela também consiste em uma simulação de mundo peculiar, compondo um endossistema imaginário. Ele é necessário para que o ator interno possa se situar no novo ambiente. Por isso, acredita-se que essa proposta de universo fechado seja uma orientação poética: a estruturação de estratégias para a produção de sensações estéticas em dado contexto poético.

Nessa conjuntura, é esperada a apreciação dos elementos interativos da poética a partir da criação de um laço afetivo com os agentes, experimentando-se as possibilidades de reações das criaturas e as alternativas dos interatores de

salvá-las, protegê-las ou de matá-las. Nesse momento, o foco das pessoas é dirigido aos aspectos estruturais da poética, e os agentes computacionais são compreendidos como unidades autopoiéticas, havendo a inferência de vida por parte dos interatores, que compreendem os seus agentes como seres racionais, capazes de lutar, reproduzir e morrer, mesmo sendo gerados por processos computacionais. Ainda, nessas situações, considerando-se o sistema de maneira a incluir o interator como mais um de seus agentes, ocorre uma situação de mundo híbrido (mídias húmidas), que mescla os mundos digitais (secos) e o mundo biológico (molhado), conforme proposto por Sommerer e Mignonneau (2003). Essa consiste na segunda camada de experimentação sugerida para a Morfogênese, a percepção das possibilidades de interferências no seu endossistema, ou seja, a sua dimensão endoestética.

A partir desse tipo de relação proposta para os interatores e o sistema, é factível supor que haja ainda um aprofundamento maior nos extratos de observação esperados. Continuando na dimensão endoestética de experimentação da poética, é possível que alguns interatores elaborem uma reflexão acerca da probabilidade de influenciar outros sistemas complexos de seu cotidiano a partir do contato com a Morfogênese. Por exemplo, algumas pessoas podem pensar sobre o impacto de suas ações na sociedade como um todo, no meio ambiente, na ocupação das cidades ou em qualquer trama complexa da qual somos também agentes. Nesses casos, entende-se que ocorre uma transposição da experiência com o sistema artificial acelerado para o mundo material. Essa é a categoria de extrato com impacto mais profundo desejado para a poética. Se existentes, esses casos permitem uma efetiva expressão poética de ressignificação dos processos computacionais, que sugere uma outra visão acerca da emergência invisível e ao mesmo tempo explícita à nossa volta desde o surgimento da vida no planeta. Apesar de mais improvável, essa é a terceira camada de experimentação idealizada para a Morfogênese, mais reflexiva, voltada para a transposição de seus significados internos ao mundo dos interatores.

Entretanto, ela não é a última camada arquitetada. Dentro de uma dimensão

filosófica de reflexão sobre as questões propostas pela Morfogênese, talvez seja possível provocar o interator quanto a questões ainda mais profundas. A partir da apreensão da possibilidade de existência do sistema impossível imaginado, que ocorre sem um controle central que atue em cada agente, expressa-se a emergência da natureza. Nesse sentido, talvez seja possível ao mais incrédulo interator, perceber a demonstração dos sistemas autopoieticos como viáveis em nosso mundo. Apesar de parecer redundante com o nosso próprio processo de vida, entende-se que essa visão se contrapõe às explicações criacionistas mitológicas vigentes na história da humanidade, e do seu subsequente retrocesso social, científico e político.

Nesse contexto, a poética poderia ser importante para demonstrar como a teoria da evolução das espécies por seleção acumulada faz sentido para explicar o mundo ao qual fomos jogados sem finalidade expressa. Mais do que isso, ela propõe que esse mundo pode ser belo sem a necessidade de um modelo maniqueísta de moral humano pré-estabelecido (BLOOM, 2012). Essa intenção se baseia no argumento de que, no mundo impossível idealizado e expresso na poética, os processos de composição de estruturas complexas são aceitos pelos interatores e mais facilmente entendidos devido ao afastamento sugerido do nosso mundo material e pela consequente ausência dos estereótipos a ele associados.

Para que isso ocorra, o sistema complexo foi designado intencionalmente para se comportar de maneira semelhante aos processos biológicos, evoluídos naturalmente. Assim, a poética poderia expressar, com ênfase na experiência estética, o processo de evolução por seleção natural acumulada, ilustrando algo tão difícil de ser compreendido sem a devida reflexão. Como aponta Dawkins (1986), isso ocorre devido ao seu caráter contra-intuitivo, como a escala de amplitude de nossos processos percepto-cognitivos e de heurísticas oriundas do nosso próprio processo evolutivo, como estereótipos acerca da aleatoriedade e da origem de objetos/sistemas complexos. Essa é a quarta camada de significação concebida para a Morfogênese, voltada para o questionamento sobre a dificuldade de compreensão que se tem ainda hoje sobre o funcionamento do

Universo e da vida, que propicia o estabelecimento de ideias “virais” convenientes, ou memes (DAWKINS, 1976), em nossas sociedades, como o oportunismo da exploração religiosa.

Considera-se essa questão como muito pertinente em nosso contexto atual. Essas adesões à ideias meméticas podem ocorrer de maneira inconsciente ou implícita, e tornam o julgamento de determinadas ações como certas ou erradas sem uma racionalização ocorrida *a priori*. Pelo contrário, elas fornecem os atalhos de um conjunto pré-estabelecido de valores com aceitação social garantida, ironicamente constituídos como fruto da nossa própria evolução. Compreende-se que essa é uma dimensão importante do trabalho, pois, conforme afirma Poissant (2003), toda obra, mesmo a mais abstrata, traz consigo a marca do clima ideológico e técnico que a produziu, com ou sem o consentimento do autor. Por isso, a quarta camada da Morfogênese contém uma dimensão que inspira o cerne da sua expressão poética, tornando o sistema computacional concebido a sua forma de representação.

São essas as diferentes camadas concebidas para a experimentação da poética, que variam entre o entretenimento, com seus arranjos coloridos e ruidosos, e o questionamento acerca do intervalo que navega entre a aceitação e a falta de compreensão da mecânica que rege o comportamento de evolução da vida. No entanto, além das questões apresentadas, o sistema permite abordar uma série de temas que não foram previstos na concepção de seus algoritmos, mas que emergiram juntamente com os comportamentos dos seus agentes. São abordadas nesse momento as discussões emergentes da Morfogênese.

O primeiro exemplo a ser discutido é a tendência estatística de sobreposições das gerações. Cabe ressaltar que, no universo imaginado, em diversas versões da Morfogênese, não existiu a relação com o mundo biológico material no qual a oxidação e a entropia se fazem presentes. Nessas versões, é possível que um indivíduo permaneça vivo e acompanhe centenas de gerações de descendentes em uma convivência harmônica de vida constante. Ainda assim, não há a permanência dos seres por um tempo desproporcional ao caminhar das gerações, mesmo não havendo processos de envelhecimento.

Existe uma tendência a uma distribuição normal de gerações presentes no ambiente, com a moda estatística sempre próxima da média das gerações presentes. Será a nossa característica evolutiva de morte, tão combatida pelos alquimistas, só uma questão de necessidade de substituição genética por variabilidade? Ou esse é apenas mais um resultado provável do processo contínuo de seleção natural, incorporado aos atributos dos indivíduos? Talvez a explicação mais simples sobre uma das maiores angústias humanas históricas seja matemática, e não biológica ou filosófica. Ao se avaliar essa questão exclusivamente em termos probabilísticos, fica clara a relação existente entre a geração dos indivíduos e a sua frequência de distribuição. Contudo, esse foi um questionamento invisível para o autor devido aos estereótipos relacionados ao comportamento dos agentes quanto a noção de vida se fez presente. Talvez esse seja um dos papéis da Arte, de ressignificar o mundo e permitir novas formas de representá-lo, permitindo diferentes abordagens de compreensão de seus fenômenos.

Na versão atual da poética, o efeito de oxidação e envelhecimento foi simulado artificialmente no sistema. Ele é utilizado para controlar o balanço no número de indivíduos de maneira orgânica. Esse foi considerado um modelo mais eficaz de limitar o seu crescimento indeterminado, e conseqüente sobrecarga do sistema computacional, pois privilegia o ambiente de acordo com uma avaliação individual de quantidade de vida, descrita mais detalhadamente na seção anterior.

Uma outra discussão interessante que surgiu empiricamente, a partir dos arranjos da poética, foi a noção de liderança. Não existe, em nenhuma das versões concebidas, a determinação de um padrão de hierarquia para os grupos colaborativos de agentes no sistema. Contudo, a partir de um efeito que emerge do somatório de energia realizado por cada agente para determinar o seu deslocamento, verificou-se a tendência ao favorecimento das decisões de criaturas mais fortes (com mais vida). Isso acontece porque os seres mais fracos, ao se afastarem do grupo, mudam de direção quando se deparam com um inimigo pelo medo de ser caçado. Já as criaturas mais fortes costumam manter a sua direção, partindo para a caça dos inimigos, mesmo que essa seja uma

investida individual. Como o cálculo que unifica os grupos é realizado a cada quadro, ocorrida em uma relação entre cada par de agentes, existe uma grande probabilidade de que o grupo tenda a seguir as criaturas mais fortes, que mudam a média de posição da colônia ao longo do tempo a partir dos seus deslocamentos individuais. Assim, a poética acaba refletindo não intencionalmente o nosso estereótipo de que os indivíduos mais fortes sejam mais assertivos e tendam a adotar uma posição de liderança em seus grupos. Talvez, esse reflexo ocorra na poética também pelos mesmos motivos dos comportamentos sociais presentes em comportamentos animais.

Uma outra possibilidade propiciada pela poética foi um questionamento diferente sobre o significado da vida. Ela foi definida no presente relato como um processo de co-emergência entre a unidade autopoietica e o meio, guiado pela busca da energia organizada. Por isso, a vida foi proposta na obra enquanto propriedade individual. Contudo, conforme propõe Cox (2013), a morte é o destino de todos os seres vivos, mas a vida em si continua. Ao se pensar a vida como um processo maior do que o indivíduo, podemos mais facilmente aceitar a sua continuidade em desdobramentos diretos, como a geração de descendentes que carregam os nossos genes. Ao se ampliar essa inferência, as suas consequências podem seguir um percurso mais distante e inesperado. Qual o ponto exato que determina a continuidade da vida, apenas a relação direta entre pais e filhos? Não somos todos incrementos da mesma vida unicelular que um dia se manifestou na terra, ocupando diferentes avatares, tentando dominar o globo por meio de nossos distintos recursos? O parentesco entre todas as criaturas vivas no planeta é corroborado por longas sequências idênticas em nosso DNA. Se a vida for um processo coletivo, não seria ela uma criatura mutante altamente eficaz, que provavelmente saiu de um canto escuro e poroso do fundo do oceano para ocupar toda a superfície da terra em um domínio incontestável? São extasiantes as possibilidades de especulações que podem ser realizadas sobre as suas manifestações futuras. Tão abissais quanto as expectativas do efeito de um organismo unicelular microscópico com relação à escala do planeta, moldado pelas regras da evolução e da emergência, processo já corroborado por muitas

evidências ao longo do último século.

Ainda, podem ser elaboradas outras reflexões originadas pelos comportamentos emergentes dos agentes, situadas em um nível ainda maior de abstração com relação ao sistema. Por exemplo, pode-se considerar que, assim como as criaturas da Morfogênese, as células do nosso corpo um dia já foram unidades independentes monocelulares que passaram a atuar colaborativamente até atingirem um nível extremo de interdependência. Nesse último nível, os seres originados, entendidos como uma entidade única, são capazes de uma representação simbólica do mundo, processos de racionalização e até mesmo de auto-identificação. Tudo isso ocorre em um outro plano de suporte, no qual as células menores não são capazes de oferecer a estrutura completa para o sistema maior. As células responsáveis pelas nossas sinapses não contém em si uma unidade de pensamento. Elas podem morrer sem nunca conseguirem vislumbrar a dimensão da complexidade que emerge a partir de sua própria vida.

Ao se observar uma tendência de organização ascendente (*bottom-up*) em algumas espécies, como formigas e abelhas, talvez fosse factível crer na remota possibilidade de existência de outras entidades emergentes muito mais complexas, derivadas dessas unidades menores, da qual podemos fazer parte. Talvez essas macro entidades sejam até mesmo capazes de processos de racionalização e auto-identificação, afinal, somos nós mesmos provas vivas do potencial desse processo. Seriam esses entes, deuses em construção? Considerando-se a mecânica de funcionamento do Universo, é muito mais plausível crer-se em deuses que emergem de seu mundo do que em modelos racionais e humanos de criação. Talvez, algum dia surjam seres com capacidade de manifestar pensamento e vontade, como um colossal macro sistema que se compreende como um indivíduo destacado do mundo e que não pode ser decomposto sob a pena de morte de suas partes. Ou seríamos essas criaturas nós mesmos?

Em suma, são diversas as especulações propiciadas pela poética. Questões sobre a coletividade podem também ser discutidas a partir de sua experimentação. Até mesmo a associação entre os agentes computacionais e as manifestações

políticas ocorridas no Brasil ao longo do ano de 2013 foram propostas por alguns interatores. Afinal, ambas as situações abordam os padrões de comportamentos emergentes. Diferente de outros contextos, nessas manifestações, as pessoas adotaram as tecnologias portáteis e a sua conectividade para se autogerir de uma maneira descentralizada. Foram eliminados os rótulos comuns dessas conjunturas, como as bandeiras de partidos políticos ou sindicatos, evidenciando-se uma nova forma de gerar a unidade dos grupos, as suas regras de comportamento e conduta. Diversas estratégias de atuação foram relatadas, como a redução dos ruídos em frente a hospitais, o recolhimento do lixo, a proteção do patrimônio público e privado e as possibilidades de se diferenciar de grupos com intenções e ações distintas, como a depredação. Todos esses comportamentos foram distribuídos de maneira não centralizada, com espaço para participação de cada indivíduo, como as ocorrências na poética proposta. Essa emergência gerou discussões novas sobre a participação política, como a dificuldade em se lidar com um movimento sem identidade definida e que não aceita a sua representação por atores já conhecidos, entre outras diversas discussões. Essa afinidade possível entre os diferentes contextos permitiu a alguns interatores uma experiência estética completamente diferente na Morfogênese ao relacionar-se com seus desdobramentos.

Outras questões relevantes sobre o papel da tecnologia nesse processo também foram insinuadas em algumas discussões. Seria a nossa evolução mais acelerada pelos seus recursos? Como a tecnologia nos modifica, molda, adapta em um contexto pós-humano ou pós-biológico? O que é favorecido quando borramos algumas das regras da seleção acumulada? No momento atual, o processo evolutivo deixa de ser centrado na relação genes/fenótipo para ser determinado pela tríade genes, cultura e tecnologia? Essas são algumas das questões levantadas pelos interatores a partir do contato com a Morfogênese. Apesar disso, não é o objetivo do presente relato buscar uma resposta acurada para cada questão. Pelo contrário, entende-se cumprir seu objetivo a partir da simples provocação do seu questionamento, que evidencia o fato de ter tocado alguns de seus interatores. Que outra expectativa pode haver na proposta de uma

poética, além da proposição de novos significados para as questões apresentadas?

Enfim, o que se espera enquanto expressão poética da Morfogênese é demonstrar a maneira como se dá o processo de evolução da vida, evidenciando a nossa busca pela energia de qualidade e manifestando a atração que sentimos pela complexidade organizada, ou complexidade efetiva. Nesse processo, mesclamos e transmitimos nossos registros quase imutáveis à próxima geração, tornando a vida permanente. De maneira imprevisível, a partir de pequenas mudanças selecionadas e acumuladas, nos tornamos uma entidade ativa e mutante, que emerge dinamicamente em uma escala maior e quase invisível de tempo. Nesse sentido, a vida enquanto indivíduo pode ser compreendida apenas como uma dobra no fluxo irreversível de energia que transforma a matéria, pois a matéria é também energia. Já enquanto continuidade, a vida se projeta pelo curso do tempo indefinidamente rumo ao desconhecido. Assim, os corpos morrem, mas a vida continua e se expande em um Universo com uma tendência absoluta ao decaimento. Com isso, somos capazes de manter o paradoxo do desequilíbrio energético que é a vida, vencendo a batalha diária contra a entropia, geração após geração.

Conclusão: renderização dos pensamentos poéticos

Entende-se que a poética proposta, enquanto objeto de Arte Computacional Evolutiva, transita por questões atuais e conceitos relevantes para a área de Arte e Tecnologia. A combinação entre as suas interações endógenas e exógenas permite ao interator uma reflexão acerca do funcionamento de sistemas complexos e da evolução da vida, gerando experiências diferenciadas e, muitas vezes, inesperadas, como caráter emergente da Morfogênese na criação de seus arranjos visuais e sonoros. A adoção de uma abordagem poética de desenvolvimento que se sobrepôs à prática de programação vigente foi importante para a elaboração de soluções talvez não convencionais para os comportamentos pretendidos. Com isso, manteve-se o foco sempre na expressão poética do autor, contribuindo para o resultado visual alcançado, ilustrando o potencial da Arte Computacional Evolutiva como um relevante meio de expressão contemporâneo e do papel central da atuação do artista durante a fase de desenvolvimento.

A poética expressa consiste em uma manifestação da intenção do autor, que utilizou a linguagem de programação como matéria prima, criando a obra a partir de autômatos vivos artificialmente em nível de *software*. As criaturas propostas são capazes de gerar comportamentos emergentes autopoieticos que demonstram o processo evolutivo de desenvolvimento da vida, sem se perder a noção da dimensão e do impacto da individualidade dos agentes nesse processo. Para tanto, sua aplicação foi desenvolvida a partir de um Sistema Complexo Adaptativo Multiagentes com Inteligência Artificial em Enxame concebido por Algoritmos Genéticos. O seu método de concepção foi norteado pela abordagem de Design de Interação, na qual a definição da narrativa de interação dos seus atores guiou a construção do sistema. Essa estrutura foi motivada por interações ecológicas naturais, como a competição ou a predação. A sua interface se inspira em outros trabalhos de Arte Computacional que visam a expressão de processos abstratos, como os comportamentos de algoritmos matemáticos que incitaram os

primeiros artistas computacionais. Esteticamente, as imagens vivas são compostas por fragmentos de formas geométricas, linhas e sons simples, capazes de compor as imagens abstratas resultantes de maneira autônoma, ou a partir de interações com as pessoas, ilustrando a mecânica invisível do processo de vida e o seu caráter serendípico. As suas camadas de interpretação permitem aos interatores diferentes níveis de relacionamento com a poética, buscando-se corresponder ao seu esforço e disponibilidade com possibilidades de significações e especulações variadas.

Nesse sentido, considera-se que os objetivos propostos para a poética estejam sendo cumpridos. Entende-se que a Morfogênese expressa a estética pretendida pelo autor e consegue atingir os interatores quanto à imprevisibilidade do funcionamento de sistemas emergentes, conforme as experiências com o público realizadas nas mostras de arte relatadas. Assim, acredita-se que essas exposições iniciais sejam suficientes para evidenciar a provocação dos interatores e a quebra da sua expectativa no contato com a Morfogênese. Entretanto, destaca-se que essas são apenas propostas iniciais de interatividade. Atualmente, outros recursos encontram-se em fase de desenvolvimento, como, por exemplo, a possibilidade de migração de agentes entre ambientes distintos, provocando uma perturbação em seu equilíbrio ecológico, conforme descrito na seção anterior.

Enquanto pesquisa, foram identificados uma série de comportamentos sociais emergentes na colônia microscópica, como os processos de co-adaptação de cardumes e predadores, os corais de rabiscos vivos ou os grupos de colaboração e submissão descritos. A interferência dos interatores no ambiente proposto tende a acelerar os seus ciclos de reprodução e a destruição das colônias de criaturas geométricas. Isso ocorre pelo favorecimento de um agente específico, originado de uma relação de empatia com o interator, que ajuda a criatura selecionada. Em alguns casos, a interferência acaba tendo desdobramentos negativos para o agente estimulado, causando a sua morte prematura ou a extinção de uma colônia inteira. As reações dos interatores foram diversificadas, com pessoas que se divertiram eliminando os agentes ou que se assustaram com essa possibilidade.

Alguns padrões de composição parecem ter agradado as pessoas em situações distintas no que tange a quantidade e disposição de criaturas presentes. Em uma delas, as composições ocorrem com um número elevado de agentes, que formam uma ou mais colônias com cores e sons harmônicos, com poucos seres adotando cores e sons contrastantes, como se fossem paletas complementares. Na outra situação, apenas alguns indivíduos permanecem vivos, cerca de três ou quatro, em circunstâncias em que a sua influência na cor do plano de fundo é mais evidente e sua escala de tamanho é maior. Aparentemente, a busca pela complexidade efetiva ocorre na relação dos iteradores com a poética, que apreciam mais as situações de organização do que de quantidade de informação, conforme discutido anteriormente. Mais estudos se fazem necessários em abordagens quantitativas e qualitativas para que seja possível realizar alguma inferência mais precisa acerca da correlação entre os arranjos considerados mais atrativos e a sua complexidade efetiva.

Enquanto contribuição para o campo da Arte Computacional Evolutiva, reforça-se a busca pela representação do processo evolutivo em aplicações que demonstrem mais de uma camada de emergência em seus desdobramentos. Para tanto, é necessário que o artista seja capaz de conceber o seu sistema em um procedimento ascendente (*bottom-up*) de experimentação que envolva etapas de balanceamento e ajustes, comuns ao processo de desenvolvimento de jogos eletrônicos ou de outros sistemas imersivos. Nesse processo, os arranjos visuais e sonoros de sua poética não devem ser pré-concebidos ou guiados por uma Função de Adaptação que oriente a seleção das populações nos ciclos de seus Algoritmos Genéticos. A sua busca deve ser guiada pela construção da complexidade efetiva, uma combinação de organização e quantidade de informação específica que emerge das relações diretas de seus agentes rumo a um macro comportamento imprevisível de adaptação ao meio. Além do seu vínculo com a expressão do processo evolutivo, talvez seja essa a característica mais fortemente associada à atração estética inata aos seres vivos, motivados pela busca da energia organizada para a manutenção de seu estado contínuo de desequilíbrio energético com o meio, ao qual denominamos processo de vida.

Referências Bibliográficas

- ABOULAFIA, A.; BANNON, L. J. Understanding affect in design: an outline conceptual framework. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 5(1), 4-15. 2004.
- ABRAHÃO, J. I.; SZNELWAR, L.; SILVINO, A. M. D.; SARMET, M. M. e PINHO, D. *Introdução à ergonomia: da prática à teoria*. São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 2009.
- ADAMI, C.; BROWN, C.T. Evolutionary Learning in the 2D Artificial Life Systems Avida, in: R. Brooks, P. Maes (Eds.), *Proc. Artificial Life IV*, MIT Press, Cambridge, MA, p. 377-381. 1994.
- ANDERSON, J. R. Problem Solving and Learning. *American Psychologist*, 48(1), 35- 44. 1983.
- ANDERSON, J. R. *Psicologia Cognitiva e Suas Implicações Experimentais*. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- BARRETTO, F. P. *ARTelligent: Arte e Inteligência Artificial no contexto da emergência e da autopoiese*. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília - UnB. Brasília, 2011.
- BAXTER, M. *Projeto de produto*. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
- BEDAU, M. A. Artificial Life: Organization, Adaptation and Complexity From the Bottom Up. *Review TRENDS in Cognitive Science*. Elsevier: 2003.
- BENI, G.; WANG, J. *Proceedings of NATO Advanced Workshop on Robots and Biological Systems*. Vol 102. 1989.
- BERLYNE, D. E. *Aesthetics and Psychobiology*. New York: Appleton-Century-Crofts, Educational Division, Meredith Corporation, 1971.
- BERNOULLI, J. *Ars Conjectandi: Usum & Applicationem Praecedentis - Doctrinae in Civilibus, Moralibus & Oeconomicis. Chapter 4. 1713*. SHEYNIN, O. (transl.)
- BIRKHOFF, G. D. *Aesthetic Measure*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1932.
- BLOOM, P. Religion, Morality, Evolution. *Annu. Rev. Psychol.* 2012. 63:179–99.
- BONABEAU, E.; DORIGO, M.; THERAULAZ, G. *Swarm Intelligence: From Natural*

- to Artificial System*. Oxford University Press: New York, 1999.
- BONSIEPE, G. *Design: do material ao digital*. Florianópolis: FIESC/IEL, 1997.
- BONSIEPE, G. *Metodologia Experimental: Desenho Industrial*. Brasília: CNPq – Coordenação Editorial, 1984.
- BROWN, T. *Change by Design*. HarperCollins, 2009.
- BRUNO, J. F.; STACHOWICZ, J. J.; BERTNESS, M. D. *Inclusion of facilitation into ecological theory*. TREE 18: 119-125. 2003.
- BUCKLAND, M. *Programming game AI by example*. Plano, Texas, EUA: Wordware Publishing, Inc., 2005.
- CASTELLS, M. *A Galáxia da Internet. Reflexões sobre a Internet, os negócios e a sociedade*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2003.
- CHEN, J. *Flow in Games*. Dissertação (Mestrado) - University of Southern California. Los Angeles, 2006.
- CHEVALIER, M. *Segunda Natureza*. Exposição: Brasília, 2009.
- CIPINIUK, A.; PORTINARI, D. B. Sobre Métodos de Design. In: COELHO, L. A. L. (org). *Design Método*. Rio de Janeiro, Teresópolis: PUC-Rio; Novas Idéias, 2006.
- COOK, T. E. *Gauguin: Generating Art Using Genetic Algorithms & User Input Naturally*. Honors Theses. Paper 270. Department of Computer Science, Colby College, 2007.
- COUCHOT, E.; TRAMUS, M.; BRET, M. A segunda interatividade: em direção a novas práticas artísticas. In: DOMINGUES, Diana (Org.). *Arte e Vida no Século XXI: Tecnologia, ciência e criatividade*. São Paulo: Editora UNESP, 2003. (traduzido por Gilse Boscato Muratore e Diana Domingues).
- COX, B. *Wonders of Life*. DVD, BBC, 2013.
- COZBY, P. C. *Métodos de Pesquisa em Ciências do Comportamento*. São Paulo: Editora Atlas, 2003.
- CROSS, N. *Design Thinking: Understanding How Designers Think and Work*. New York: Berg, 2011.
- CRUMLISH, C.; MALONE, E. *Designing Social Interfaces*. Canada: O'Reilly Media, Inc., 2009.

- CSIKSZENTMIHALYI, M. *Flow: the Psychology of Optimal Experience*. Harper Perennial, 1990.
- CUPCHIK, G. C. A decade after Berlyne. New directions in Experimental Aesthetics. *Poetics*, 15, 345-369. 1986.
- DAM – *Digital Art Museum*. 1999. Recuperado em janeiro de 2013: <http://digitalartmuseum.org/>
- DARWIN, C. *The Origin of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. London: John Murray, 1859.
- DAWKINS, R. *The Selfish Gene*. Oxford University Press, 1976.
- DAWKINS, R. *The Blind Watchmaker*. New York: W. W. Norton & Company, Inc., 1986.
- DAWKINS, R. Universal Darwinism. In: *Evolution from molecules to man*. ed. D. S. Bendall, Cambridge University Press, 1983.
- DELEUZE, G; GUATTARI, F. Rizoma. In: DELEUZE, G; GUATTARI, F. *Mil platôs: capitalismo e esquizofrenia v1*. Rio de Janeiro: Ed. 34, 2000a.
- DELEUZE, G; GUATTARI, F. O Liso e o estriado. In: DELEUZE, G; GUATTARI, F. *Mil platôs: capitalismo e esquizofrenia v5*. Rio de Janeiro: Ed. 34, 2000b.
- DIPAOLA, S.; MCCAIG G.; CARLSON K.; SALEVATI S.; SORENSON N. Adaptation of an Autonomous Creative Evolutionary System for Real-World Design Application Based on Creative Cognition. *Proceedings of the Fourth International Conference on Computational Creativity*, 2013.
- DOMINGUES, D. Apresentação. In: DOMINGUES, Diana (Org.). *Arte e Vida no Século XXI: Tecnologia, ciência e criatividade*. São Paulo: Editora UNESP, 2003.
- DOMINGUES, D. Paisagens Vivas: Mundos de Vida Artificial. In: FRAGOSO, Maria Luiza (org). *IV 4D Arte Computacional Brasileira: reflexões e experimentação*. Brasília: UNB, Programa de pós-graduação em artes. 2005.
- DONDIS, D. A. *Sintaxe da linguagem visual*. São Paulo: Martins Fontes, 2000.
- DUTTON, D. Aesthetics and Evolutionary Psychology. *The Oxford Handbook for Aesthetics*. Oxford University Press, 2003.
- EINSTEIN, A. On the Motion of Small Particles Suspended in a Stationary Liquid, as Required by the Molecular Kinetic Theory of Heat. *Annals of Physics* 17

(8): 549–560. Germany: 1905.

EKMAN, P.; FRIESEN W. V. *Unmasking the face. A guide to recognizing emotions from facial clues*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1975.

EYSENCK, H. J. The empirical determination of an aesthetic formula. *Psychological Review*, 48, 83-92. 1941.

FLUSSER, V. *Filosofia da Caixa Preta*. São Paulo: Hucitec, 1985.

FLUSSER, V. *O Universo das Imagens Técnicas – elogio da superficialidade*. São Paulo: Annablume, 2008.

GARDNER, M. *Mathematical Games: The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game "Life"*. Scientific American. 1970. 223: 120–123.

GALANTER, P. What is Generative Art? Complexity theory as a context for art theory. *International Conference on Generative Art*, 2003.

GALANTER, P. *Complexism and the role of evolutionary art*, in *The art of artificial evolution: a handbook on evolutionary art and music*, J. Romero and P. Machado, Editors. Springer: Berlin, 2008. p. 311-332.

GALANTER, P. *Truth to Process – Evolutionary Art and the Aesthetics of Dynamism*, in *International Conference on Generative Art*. Generative Design Lab, Milan Polytechnic: Milan, 2009.

GALANTER, P. The Problem with Evolutionary Art Is... Paper presented at *EvoCOMNET'10: The 7th European Event on the Application of Nature-inspired Techniques for Telecommunication Networks and other Parallel and Distributed Systems*. April 7-9, 2010a.

GALANTER, P. Complexity, Neuroaesthetics, and Computational Aesthetic Evaluation. Paper presented at *13th Generative Art Conference GA2010*. Italy, 2010b.

GIANETTI, C. *Estética digital*. Tradução de Maria Melendi. Belo Horizonte: C/Arte, 2006.

GRAU, Oliver. Novas imagens da vida – Realidade virtual e arte genética. In: DOMINGUES, Diana (Org.). *Arte e Vida no Século XXI: Tecnologia, ciência e criatividade*. São Paulo: Editora UNESP, 2003. (traduzido por Flávia Gisele Saretta).

GUÉRIN, F.; LAVILLE, A.; DANIELLOU, F.; DURAFFOURG, J. e KERQUELEN, A. *Compreender o trabalho para transformá-lo: A prática da Ergonomia*. Tradução de: L. Szelwar *et al.* São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 2001.

- HAGER, M.; HAGEMANN, D.; DANNER, D. & SCHANKIN, A. Assessing Aesthetic Appreciation of Visual Artworks—The Construction of the Art Reception Survey (ARS). *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*. 2012, Vol. 6, No. 4, 320–333
- HARVEY, D. *Condição pós-moderna: uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural*. São Paulo: Loyola, 1996.
- HEIDEGGER, M. *Introdução à filosofia*. Tradução Marco Antonio Casanova. – São Paulo: Martins Fontes, 2008.
- HEIDEGGER, M. *Ser e Tempo*. 9 ed. - (Parte 1). Tradução Márcia de Sá Cavalcante. – Petrópolis/RJ: Vozes, 2000.
- HOLLAND, J. H. *Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity*. Reading, MA: Helix, 1995.
- HUIZINGA, J. *Homo Ludens: A Study of the Play Element in Culture*. Beacon Press, 1955.
- INTERACTION DESIGN ASSOCIATION. 2004. Recuperado em fevereiro de 2008: <http://www.ixda.org/index.php>
- ISO 9241-10: *ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – dialogue principles*. Genebra, 1996.
- JOHNSON, S. *Emergência – a vida integrada de formigas, cérebros, cidades e softwares*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2003.
- JONES, D. G.; DEWDNEY, A. K. *Core War Guidelines*. 1984. Recuperado em junho de 2013 em: <http://corewar.co.uk/cwg.txt>
- JORDAN, P. W. *Designing Pleasurable Products*. London: Taylor & Francis, 2000.
- KAWAGUCHI, Y. A Morphological Study of the Form of Nature. *Computer Graphics*, vol. 16, n.3, pp. 223-230. 1982.
- KHALID, H. M. Embracing diversity in user needs for affective design. *Applied Ergonomics*, 37. 409-418. 2006.
- KHALID, H. M. e HELANDER, M. G., Customer Emotional Needs in Product Design. *Concurrent Engineering*, v. 14, n.3, set. 2006, p. 197-206.
- KONAR, A. *Artificial Intelligence and Soft Computing - Behavioral and Cognitive Modeling of the Human Brain*. CRC Press: Boca Raton, 2000.

- LAMBERT, N.; LATHAM, W.; FOL LEYMARIE, F. The Emergence and Growth of Evolutionary Art – 1980 –1993. *Leonardo*, Vol. 46, No. 4, pp. 367–375, 2013.
- LANGTON, C. G. (Editor). *Artificial Life: An Overview*. MIT Press, 1995.
- LEÃO, L. I. C. *Da ciberarte à gamearte (ou da cibercultura à gamecultura)*. São Paulo: SESCSP, 2005.
- LEDOUX, J. *O Cérebro Emocional: Os misteriosos alicerces da vida emocional*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.
- LENSKI, R. E.; OFRIA, C.; PENNOCK, R. T.; ADAMI, C. *The evolutionary origin of complex features*. *Nature* 423: 139–144. 2003.
- LÉVY, P. *Cibercultura*. Trad. Carlos Irineu da Costa. São Paulo: Ed. 34, 1999.
- LIA SOMETHING. *Software Art*. Recuperado em fevereiro de 2013: <http://www.liaworks.com/>
- LÖBACH, B. *Design industrial*. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.
- LUISI, P. L. *Autopoiesis: a review and a reappraisal*. *Naturwissenschaften*, 90:49–59, 2003.
- MACHADO, A. Repensando Flusser e as Imagens Técnicas. *Arte en la Era Electrónica – Perspectivas de una nueva estética*. Barcelona: 1997.
- MAEDA, J. *Artists and Scientists: More Alike Than Different*. Scientific American Blog Network, Guest Blog: 2013. Recuperado em agosto de 2013: <http://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/2013/07/11/artists-and-scientists-more-alike-than-different/>
- MAEDA, J. *Innovation is born when art meets science*. Em Lamont, T. (entrevista), The Observer. The Guardian: Sunday 14 November 2010. Recuperado em dezembro de 2012: <http://www.guardian.co.uk/technology/2010/nov/14/my-bright-idea-john-maeda>
- MALDONADO, T. *Design Industrial*. Edições 70, Lisboa, 1999.
- MALOUF, D. *Foundations of Interaction Design*. Recuperado em dezembro de 2007: <http://www.boxesandarrows.com/view/foundations-of>
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. *Metodologia Científica – 5ª Edição – revisada e ampliada*. São Paulo: Editora Atlas, 2008.
- MARMARAS, N. & KONTOGIANNIS, T. Cognitive Task. Em: G. Salvendy, *Handbook of Industrial Engineering*. New York: John Wiley & Sons, 2001.

- MARMARAS, N. e PAVARD, B. Problem-Driven Approach to the Design of Information Technology Systems Supporting Complex Cognitive Tasks. *Cognition, Technology & Work*. London: Springer-Verlag London Limited, 2000.
- MARTINDALE, C. Aesthetics, Psychobiology, and Cognition. In Farley F.; Neperud, R. (Eds.), *The foundations of aesthetics, art, and art education* (pp. 7-42). New York: Praeger, 1988.
- MARTINS, G. A.; THEÓPHILO, C. R. *Metodologia da Investigação Científica para Ciências Sociais Aplicadas – 2ª Edição*. São Paulo: Atlas, 2009.
- MATLIN, M. W. *Psicologia Cognitiva*. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- MATURANA, H.; VARELA F. *Autopoiesis and cognition: the realization of the living*. Reidel, Boston, 1980.
- MATURANA, H.; VARELA, F. *De Máquinas e Seres Vivos: a organização do vivo* (3ª edição). Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- MCGONIGAL, J. *Reality Is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World*. New York: The Penguin Press, 2011.
- MILLER, J. H.; PAGE, S. E. Complex Adaptive Systems: an introduction to computational models of social life. In: LEVIN, S. A.; STROGATZ, S. H. *Complex Adaptive Systems*. Princeton and Oxford: Princeton University Press, 2007.
- MITCHELL, T.; HILL, M. *Machine Learning*. 1997.
- MOGGRIDGE, B. *Designing Interactions*. USA: The MIT Press, 2007.
- MOORE, D. S. *The Basic Practice of Statistics*. Fifth Edition. New York: W. H. Freeman and Company, 2010.
- MORAES, D. *Metaprojeto: o design do design*. São Paulo: Edgard Blücher, 2010.
- MORVILLE, P. *Ambient Findability*. USA: O'Reilly Media, Inc.: 2005.
- MUNARI, B. *Das coisas nascem coisas*. São Paulo: Martins Fontes, 1998.
- NADAL, M. R. *Complexity and aesthetic preference for diverse visual stimuli*. Doctoral Thesis, Department de Psicologia, Universitat de les Illes Balears, 2007.
- NADAL, M. R.; MUNAR, E. MARTY, G. CELA-CONDE, C. J. Visual Complexity

and Beauty Appreciation: Explaining the Divergence of Results. In: *Empirical Studies of the Arts*, Vol. 28(2) 173-191, 2010.

NIAZI, M.; HUSSAIN, A. Agent-based computing from multi-agent systems to agent-based models: a visual survey. *Scientometrics*, 1-21. 2011.

NICOLESCU, B. *O Manifesto da Transdisciplinaridade*. Coleção Trans. 2001. 120p.

NIELSEN, J.; MOLICH, R. *Heuristic evaluation of user interfaces*. In: *Proceedings ACM CHI 90 Conference*. Seattle: 1990. p. 249-256.

NOLL, A. M. 2013. Recuperado em janeiro de 2013: <http://noll.uscannenberg.org>

NOLL, A. M. Human or Machine: A Subjective Comparison of Piet Mondrian's 'Composition with Lines' and a Computer-Generated Picture, *The Psychological Record*, Vol. 16. No. 1, pp. 1-10. January, 1966.

NORMAN, D. *Emotional Design: Why do we love (or hate) everyday things*. New York: Basic Books, 2004.

PAPANEEK, V. *Design for the real world: human ecology and social change*. Chicago: Academy Chicago Publishers, 2000.

PENNOCK, R. T. *Avida-ED Project*. Recuperado em janeiro de 2013 em: <http://avida-ed.msu.edu>

PENTECOST, C. Outfitting the Laboratory of the Symbolic: Toward a Critical Inventory of Bioart. In Beatrice, da Costa. *Tactical Biopolitics: Art, Activism and Technoscience*. England: The MIT Press, 2008.

POISSANT, L. Ser e fazer sobre a tela. In: DOMINGUES, Diana (Org.). *Arte e Vida no Século XXI: Tecnologia, ciência e criatividade*. São Paulo: Editora UNESP, 2003. (traduzido por Gilse Boscato Muratore e Diana Domingues).

POLD, S. *The Algorithmic Revolution - Heavy machinery and abstract art in a new context at ZKM*. German, ZKM: 2005. Translation: PAISLEY, S.

PORTIGAL, S. *Interviewing Users: How to Uncover Compelling Insights*. New York, EUA: Rosenfeld Media, LLC, 2013.

RABIN, S. *Introduction to Game Development*. Charles River Media, 2005.

RACHMEL, N. *Interactive art and computational design*. 2012. Recuperado em agosto de 2012: <http://golancourses.net/2012spring/01/20/nirrachmel-01-20-2012/>

- RAY, T. S. An evolutionary approach to synthetic biology: Zen and the art of creating life. *Artificial Life 1(1/2)*: 195-226. MIT Press, 1994.
- RAY, T. S. Evolution of differentiation in multithreaded digital organisms. In *Artificial Life VII* (Bedau, M.A. et al., eds), pp. 132 – 140. MIT Press, 2000.
- RAY, T. S. *How I created life in a virtual universe*. Not published in English, but published in French, Spanish and Italian. 1993. Recuperado em janeiro de 2013 em: <http://life.ou.edu/pubs/nathist/>
- ROCHA, C. Princípios Estéticos da Arte Tecnológica. In: FRAGOSO, Maria Luiza (org). *IV 4D Arte Computacional Brasileira: reflexões e experimentação*. Brasília: UNB, Programa de pós-graduação em Artes. 2005.
- RUSSEL, S.; NORVIG, P. *Artificial Intelligence: a moder approach*. New Jersey: Prentice Hall, 1993.
- SAFFER, D. *Design for Interaction*. EUA: Peachpit Press, 2006.
- SAFFER, D. *Designing Gestural Interfaces*. Canada: O'Reilly Media, Inc., 2008.
- SAFFER, D. *Microinteractions*. USA: O'Reilly Media, Inc., 2013.
- SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. *Rules of Play: Game Design Fundamentals*. Cambridge: MIT Press, 2004.
- SANTAELLA, L. A relevância da arte-ciência na contemporaneidade. Em Venturelli, S. (org.) ; Rocha, C. (org.) ; Medeiros, M. B. de (org.). *ART - Arte e Tecnologia: Modus Operandi Universal*. 1. ed. Brasília: Programa de pós-graduação em arte da UnB, 2012. 103 a 111.
- SCAPIN, D.L.; BASTIEN, J.M.C. *Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems*. *Behaviour & Information Technology*, 6(4-5), 220-231. 1997.
- SCHAFFER, R. M. *O ouvido Pensante*. São Paulo. (trad.) Marisa Fonterrada. Fundação Editora da UNESP, 1991.
- SCHAFFER, R. M. *The soundscape: our sonic environment and the tuning of the world*. Rochester, Vt.: Destiny Books, 1994.
- SCHELL, J. *The Art of Game Design: A Book of Lenses*. Morgan Kaufmann, 2008.
- SCHRÖDINGER, E. *What is life? The Physical Aspect of the Living Cell*. Based on lectures delivered under the auspices of the Dublin Institute for Advanced Studies at Trinity College, Dublin, in February 1943.

- SEGECIN, S.; SCATENA, V. L. *Morfoanatomia de rizomas e raízes de Tillandsia L. (Bromeliaceae) dos Campos Gerais, PR, Brasil*. 2003.
- SHEDROFF, N. *Information Interaction Design: A Unified Field Theory of Design*. (1994) em JACOBSON, R. (org.) *Information Design*. The MIT Press: Londres, 1999.
- SHIFFMAN, D. *Learning Processing: A Beginner's Guide to Programming Images, Animation, and Interaction*. USA: Morgan Kaufmann, 2008.
- SHIFFMAN, D. *The Nature of Code: Simulating Natural Systems with Processing*. USA: 2012.
- SILVA, T. B. P. *Tanque de Esboços*. Obra de artes visuais/Instalação: Brasília, 2011.
- SILVA, T. B. P. *Gamearte, vida artificial e autopoiese: dando vida aos rabiscos*. In: XI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, 2012, Brasília. Anais do XI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital - Trilha de Arte e Design, 2012a.
- SILVA, T. B. P. *Morfogênese: a origem da forma*. In: 11 Encontro Internacional de Arte e Tecnologia (#11.ART): homo aestheticus na era digital, 2012, Brasília - DF. Anais do 11 Encontro Internacional de Arte e Tecnologia (#11.ART): homo aestheticus na era digital, 2012b.
- SILVA, T. B. P. Simpósio do III COMA: Coletivo do Programa de Pós-Graduação em Arte da Universidade de Brasília. Entrelinhas: mesa de arte e tecnologia - entre a linha de comando e interface - *Transdisciplinaridade na Morfogênese*. 2012c.
- SILVA, T. B. P. *Arte Gerativa e Vida Artificial Interativa*. In: Interaction South America 2013 (ISA13), 2013, Recife - PE. Anais do Interaction South America 2013 (ISA13), 2013.
- SILVA, T. B. P. ; SILVINO, A. M. D.; SARMET, M. M. ; SCHERRE, P. P. ; SOLINO, J. *Critérios para Análise e (Re)Concepção de Interfaces Gráficas: Parâmetros de Usabilidade Intrínseca*. e-Revista FACITEC, v. 6, p. 8, 2011.
- SILVINO, A. M. D. *Ergonomia Cognitiva e Exclusão Digital: a Competência como Elementode (re)Concepção de Interfaces Gráficas*. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.
- SIMS, K. *Evolved Virtual Creatures*. Obra de artes visuais: 1994.
- SOMMERER, C.; MIGNONNEAU, L. *Arte como sistema vivo: trabalhos de arte interativa de Sommerer e Mignonneau*. In: DOMINGUES, Diana (Org.). *Arte*

- e Vida no Século XXI: Tecnologia, ciência e criatividade*. São Paulo: Editora UNESP, 2003. (traduzido por Flávia Gisele Saretta).
- SOMMERER, C.; MIGNONNEAU, L. *A-Volve: a real-time interactive environment*. USA/Japan: 1994.
- SORJ, B. *Brasil@povo.com. A luta contra a desigualdade na Sociedade da Informação*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2003.
- SOUTO, V. T. *Arte + Design + Ciência + Tecnologia = Inovação*. In: 11 Encontro Internacional de Arte e Tecnologia (#11.ART): homo aestheticus na era digital, 2012, Brasília - DF. Anais do 11 Encontro Internacional de Arte e Tecnologia (#11.ART): homo aestheticus na era digital, 2012.
- STERNBERG, R. J. *Psicologia Cognitiva*. Porto Alegre: ArtMed Editora, 2000.
- SUZANNE, N. "Neuroaesthetics: neuroscientific theory and illustration from the arts". *Interdisciplinary Science Reviews* 2008, 33 (4): 357–368.
- TAKAGI, H. Interactive evolutionary computation: Fusion of the capabilities of EC optimization and human evaluation. *Proceedings of the IEEE* 89(9), 1275–1296, 2001.
- TRANSLAB [4]. *Algorithm & Code / Vi. Visual Aesthetics In Early Computing*. 2005. Recuperado em janeiro de 2013: <http://translab.burundi.sk/code/vzx/>
- TURING, A. M. *The Chemical Basis of Morphogenesis. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, Vol. 237, No. 641*. (Aug. 14, 1952), pp. 37-72.
- VARELA, F. *El fenómeno de la vida*. Dolmen Esayo: Santiago, 2000.
- VASSÃO, C. A. *Arquitetura Livre: Complexidade, Metadesign e Ciência Nômade*. Tese de Doutorado, FAU USP, São Paulo, 2008.
- VASSÃO, C. A. *Metadesign: ferramentas, estratégias e ética para a complexidade*. São Paulo: Blucher, 2010.
- VENTURELLI, S. *Arte: espaço_tempo_imagem*. Brasília: Edunb, 2004.
- VENTURELLI, S.; BURGOS, M. F. B. Arte Computacional no Espaço Cibernético. *Revista Humanidades*. Brasília, DF, p. 35-45, 1997.
- VIANNA, M.; VIANNA, Y.; ADLER, I. K.; LUCENA, B.; RUSSO, B. *Design Thinking: Inovação em Negócios*. Rio de Janeiro: MJV Press, 2012.
- VON NEUMANN, J. *The Theory of Self-reproducing Automata*. A. Burks ed. Univ.

of Illinois Press: Urbana, 1966.

WACKERNAGEL M., REES W. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. USA: New Society Publishers, 1996.

WERNER, G. M., TODD, P. M. Frankensteinian Methods for Evolutionary Music Composition. In: Griffith, N., Todd, P. M. (eds.) *Musical networks: Parallel distributed perception and performance*. Cambridge: MIT Press/Bradford Books, 1998.

WHITELAW, M. *Metacreation : art and artificial life*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2004.

WOLLNER, A. *Palestra na 4ª Semana de Design na Uiversidade de Brasília – UnB*. 2010.

WOOLDRIDGE, M. *Agent-based computing. Interoperable Communication Networks*, 1, 71-98. 1998.

WOOTTON, J. T.; EMMERSON, M. Measurement of Interaction Strength in Nature. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 36: 419–44. 2005.

ZEKI, S. *Artistic Creativity and the Brain*. *Science*, 2001, 293(5527), 51-52.

