

# Gamearte, vida artificial e autopoiese: dando vida aos rabiscos

Tiago B. P. e Silva

Universidade de Brasília - UnB, Instituto de Artes - IdA, Brasil



Figura 1: Exemplos de composições formadas a partir dos comportamentos emergentes da gamearte proposta.

## Resumo

O presente trabalho consiste em uma obra de arte computacional que utiliza algoritmos genéticos em um sistema de vida artificial programada, intitulada Morfogênese. Nele, os seres são imbuídos de Inteligência Artificial voltada para comportamentos de locomoção, reprodução, alimentação, confronto, e aprendizado, assim como permite interações complexas entre os seres, como colaboração e submissão. A obra é proposta como uma gamearte, que pode ser apreciada em um processo de fruição, mas que também é interativa e permite aos espectadores tocar os seres programados, influenciando a sua trajetória, suas decisões e, conseqüentemente, o seu impacto no sistema.

**Palavras-chave:** gamearte, vida artificial, autopoiesis, emergência, algoritmos genéticos.

## Abstract

*This study is a computational work of art that uses genetic algorithms in a programmed artificial life system, entitled Morphogenesis. In it, beings are imbued with Artificial Intelligence that generates locomotion, reproduction, feeding, confrontation, and learning behaviors, as well as allows complex interactions, such as collaboration and submission. Morphogenesis is presented as a game art, which is also interactive and allows viewers to play the programmed beings, influencing its trajectories, its decisions and, consequently, its impact on the entire system.*

**Keywords:** game art, artificial life, autopoiesis, emergence, genetic algorithm.

**Contato do autor:**  
tiagobarros@unb.br

## 1. Introdução

Vivemos em um contexto de evolução tecnológica constante que impacta diretamente na maneira como nos relacionamos. A redução dos microprocessadores, a ubiquidade computacional e a crescente utilização de sistemas de acesso à Internet transformam e dinamizam as formas de comunicação entre as pessoas não só nos centros urbanos, mas ao redor de todo o globo. Essa tecnologia em evolução tem assumido um papel estratégico no desenvolvimento econômico, social e cultural.

A Internet é a ferramenta catalisadora da era da informação. Isso ocorre por ser a mídia que oferece maior poder de impacto no processo de elaboração e consumo de informação, resultante da quantidade e qualidade dos dados que veicula. Os temas são diversos, apresentados livremente. Ela é “apropriada pela prática social, em toda sua diversidade” [Castells 2003], permitindo um novo padrão: a sociedade em rede. Entre as possibilidades do impacto da Internet na sociedade destacam-se [Sorj 2003]: e-mail, e-ciência, e-produção, e-trabalho, e-educação, e-cultura, e-saúde e e-governo (Governo Eletrônico).

A celeridade desse novo padrão social acaba sendo refletida nas estruturas tradicionais de nosso cotidiano, como, por exemplo, nas cidades. Os tempos são acelerados, a necessidade de comunicação imediata, as estruturas de interação se tornam assíncronas, fragmentadas e superficiais [Flusser 2008].

A gamearte propõe ao espectador viver e experimentar tais questões, presentes nas reflexões de autores como Flusser [2008], Steven Johnson [2003], Deleuze e Gattari [2000], sobre a maneira descentralizada como a nossa sociedade hoje se estrutura. Ela aborda questões relacionadas à influência da tecnologia na maneira como nos comunicamos, tomamos decisões, nos relacionamos, na quantidade de

informações que absorvemos e descartamos. Mais do que isso, ela sugere uma reflexão sobre a imprevisibilidade e aleatoriedade da própria vida, consistindo em uma visão de mundo.

Assim, a obra *Morfogênese* é composta por um sistema vivo acelerado, que usa as interações humanas como fator de imprevisibilidade. É uma vida artificial composta por algoritmos genéticos que propõe uma poética quanto à diluição de nossa responsabilidade social frente ao número e complexidade de um sistema que parece autônomo, como a nossa sociedade [Flusser 2008]. No entanto, ela é metaforicamente associada ao universo das imagens, analisadas em um nível microscópico, ilustrado pela competição dos pontos, linhas, formas, cores e sons, evidenciando a batalha celular de nosso corpo, que poderia ser comparada a de nossas próprias civilizações.

Os padrões de interação entre os organismos artificiais seguem uma estrutura não previsível e descentralizada, como o rizoma de Deleuze e Guattari [2000]. São os padrões que emergem dessa multiplicidade de interações simples que determinam a sobrevivência de um determinado grupo de seres artificiais, gerando um sistema complexo. O que espera-se observar com a análise da obra são os níveis de emergência que surgem 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 espectadores, mesmo que não intencionais, sejam decisivas para a definição do cenário apresentado, favorecendo ou eliminando determinados grupos.

## 2. Inspirações e Outros Trabalhos

Cada ação dos indivíduos, mesmo que involuntária, modifica o meio em que vive, contribui, transforma, destrói. Qual seria o seu impacto em um sistema de vida artificial, de modo que o espectador possa vivenciar as consequências de suas ações? É possível promover uma reflexão quanto o 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.

No entanto, a abordagem proposta aqui ocorre de maneira distinta, menos direta. A estética sugerida para

a obra 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 de suas ações ocorrem imediatamente na obra, podendo fazer com que uma comunidade específica, que levou horas para se formar e consolidar, desapareça por completo em alguns segundos. Mesmo em uma ação simples, o espectador pode ter a sua expectativa frustrada. Um toque em um ser, mesmo que originado por um sentimento de apreciação, pode ser fatal, caso ele corra e seja atacado em seguida.

A obra 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, conforme a Teoria da Evolução de Darwin.

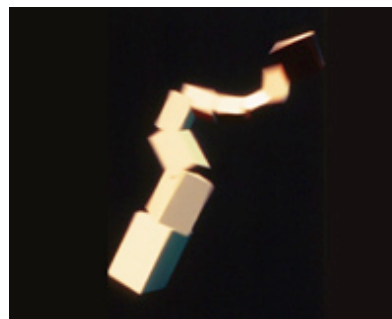


Figura 2: Criatura composta por blocos que desenvolveu comportamento de nado em *Evolved Virtual Creatures*, de Karl Sims [1994].

No entanto, diferente do trabalho de Karl Sims, o objetivo aqui não é selecionar o conjunto genético mais adaptado, apto a ser transmitido às próximas gerações. 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.

A obra segue a linha estética iniciada na experimentação do próprio autor *Tanque de Esboços* [Silva 2011], cujo objetivo era 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 foi sugerida por um volume cúbico de 60cm, que contém o desenho de um animal aquático, composto somente por linhas em 2 planos diferentes do cubo que nada entre os espectadores.

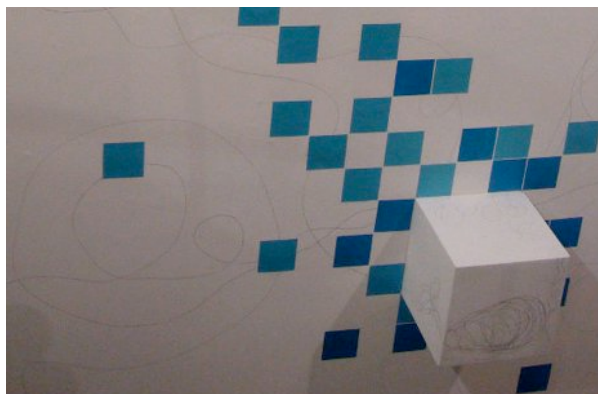


Figura 3: Obra *Tanque de Esboços* [Silva 2011], inspiração estética para a gamearte proposta.

O *Tanque de Esboços* representa a perda da superfície de detalhes proporcionada pela pintura, decomposta ao seu rascunho e suas cores "originais", 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. Ele foi elaborado com grafite e papel, tendo a parede como suporte em uma área de 3m<sup>2</sup> e, por isso, é estático. O presente trabalho, por meio de processos computacionais, pretende dar vida às linhas para que expressem a sua organicidade, presente em seus movimentos entrelaçados. 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 obra *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.

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. Como se as obras de Kandinsky e Miró pudessem finalmente se mover, colaborando umas com as outras ou destruindo as formas inconvenientes que cruzam seu caminho. É como se a origem de toda imagem figurativa surgisse de uma composição abstrata, que se adaptou e tomou para si características próprias, eliminando formas e cores vencidas.

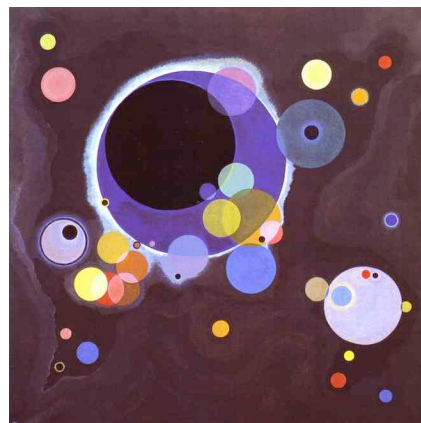


Figura 4: Obra *Several Circles*, de Kandinsky [1926].

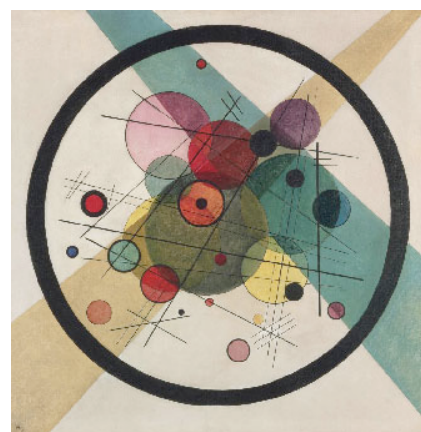


Figura 5: Obra *Circles in a Circle*, de Kandinsky [1923].

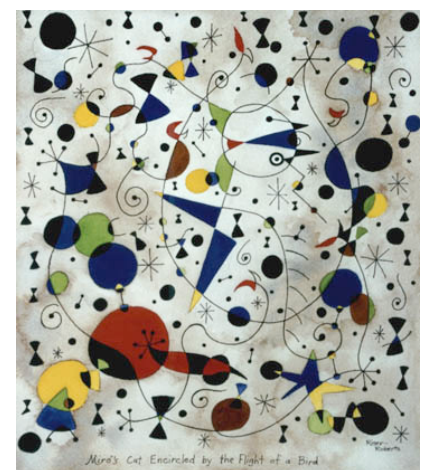


Figura 6: Obra *Cat Encircled by the Flight of a Bird*, de Joan Miró [1941].

Também não poderia deixar de ser citado o trabalho de Miguel Chevalier *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. O trabalho de Chevalier é uma inspiração tanto no tema do trabalho quanto na estética adotada na obra.

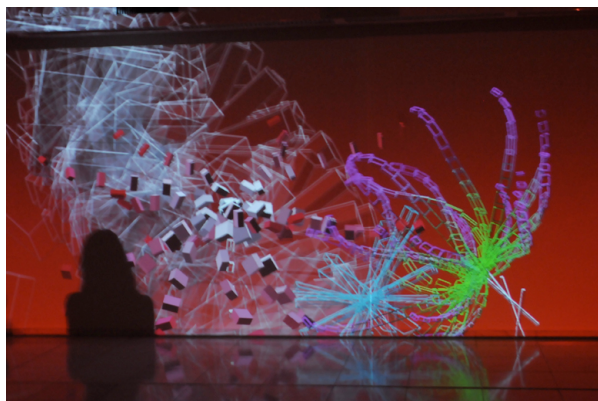


Figura 7: Obra *Segunda Natureza*, de Chevalier [2009].

A partir das características apresentadas, inspiradas nas obras ilustradas, é descrita a seguir a obra Morfogênese.

### 3. Morfogênese: a origem das formas

A palavra Morfogênese tem origem grega e significa desenvolvimento da forma. O título é uma referência ao trabalho do matemático Alan Turing, 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 foi um dos primeiros autores a abordar a questão da emergência ao estudar a maneira como padrões complexos podem surgir seguindo-se regras simples, como o potencial latente em uma semente para gerar uma flor [Turing 1951].

Para a concepção da Morfogênese, foi utilizado o *Processing*, 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 rapidamente se tornou uma poderosa ferramenta de expressão visual para artistas e programadores.

Cabe ressaltar, que no momento em que a obra foi iniciada, o autor não possuía qualquer contato com a linguagem de programação utilizada. O seu desenvolvimento se deu 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 de 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, essa obra foi realizada com um olhar ingênuo sobre o código. 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 visando o melhor uso dos recursos computacionais disponíveis.

#### 3.1 Características da Morfogênese

A descrição das características da obra segue uma sequência didática, voltada para o tema, não para espelhar a arquitetura do código original, mas desmembrada em seus detalhes menores ou rearranjada visando facilitar a sua compreensão.

Na obra, cada ser é composto por uma linha que varia entre 5 e 15 pontos randomicamente. A quantidade de pontos de cada linha não pode ser alterada ao longo da vida dos seres. A linha calculada consiste em uma *Catmull-Rom spline*, ou seja, uma curva de interpolação que passa por todos os pontos de controle gerando a concordância da curva em cada um deles.

Uma forma geométrica (quadrado, triângulo ou círculo) é atribuída ao primeiro, segundo e último ponto da linha. A forma do primeiro ponto, denominada cabeça, possui um tamanho inicial gerado randomicamente entre 5 e 50 pixels. 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 cores da linha e das formas geométricas de cada ser variam. Foi definida uma variável diferente para cada parâmetro de cor RGB de cada ser, que variam entre 0 e 255 cada. A cor final das linhas e formas são sempre resultantes dessas três variáveis.

O parâmetro *alpha*, relacionado à opacidade da cor, também varia entre cada ser. O valor do *alpha* varia entre 50 e 250, relacionado à quantidade de energia (ou vida) presente no ser. 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, o ser com pouca energia (quase zero) possui uma opacidade de pouco mais de 50, tornando-se ainda visível.



Figura 8: Exemplos de seres gerados pela obra Morfogênese.

Ao ser criado, cada ser possui uma quantidade de energia inicial gerada aleatoriamente com um valor entre 30 e 50. Com o passar do tempo, essa energia é perdida aos poucos na taxa de 0,001 pontos de energia por quadro. Como a obra é composta a 30 quadros por

segundo, são perdidos 0,03 pontos de energia por segundo, ou seja, levam cerca de 33 segundos para que um ponto de energia seja perdido.

Para não morrer, os seres devem se locomover e procurar por outros para acasalar ou para matá-los e consumir sua energia. Caso a energia se torne menor que zero, o ser morre e inicia seu processo de apodrecimento. Quando ele morre, continua visível na tela, mas em tons de cinza (100 em cada variável do RGB) e sem a possibilidade de se movimentar.

Nessa situação, a sua energia continua diminuindo, variando entre 0 e -10, de maneira que a relação com o *alpha* continua existindo, mas em outra proporção.

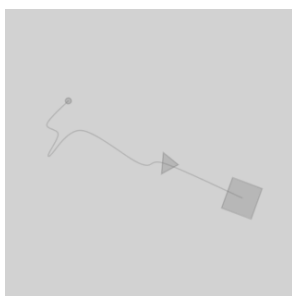


Figura 9: Exemplo de ser morto na obra Morfogênese.

Quando a energia se torna -10 e o indivíduo pode se torna invisível, o bicho deixa de existir e é eliminado da lista de bichos, liberando a memória do computador. Para poder tentar evitar a sua própria morte, uma série de comportamentos são programados em cada indivíduo, como as possibilidades de lutar para matar e consumir a energia de seu inimigo ou cruzar para gerar uma nova geração de indivíduos.

Antes de estudar a maneira como esses comportamentos ocorrem, é importante compreender o movimento automático de cada ser.

O movimento de cada indivíduo é resultante de uma série de variáveis. Quando estão sozinhos, sem sofrer influência de nenhum outro ser, um movimento automático ocorre, conhecido como *movimento Browniano*. Esse tipo de movimento consiste em um deslocamento ocorrido em uma direção aleatória a cada quadro. Na Morfogênese, foi definido um cálculo para a posição X do indivíduo e outro para a posição Y, que podem variar entre -1 e 1 aleatoriamente. 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.

No entanto, 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.

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

Além de fugir de outros seres, outras possibilidades de decisões estão relacionadas ao seu movimento, como:

- Procurar uma carcaça que pode ser absorvida;
- Perseguir um ser mais fraco a ser perseguido individualmente ou por um grupo;
- Perceber outro ser da mesma espécie já maduro que o atrai para o acasalamento;
- Unir-se a outros seres do mesmo grupo que procuram por proteção;
- Afastar-se de uma carcaça de um semelhante;
- Interagir com o mouse ou tela de toque;
- Buscar explorar o cenário.

Todos esses fatores influenciam individualmente o valor aleatório a ser gerado no movimento. Assim, todas as variáveis podem influenciar o movimento ao mesmo tempo, evitando que apenas o último código lido da lista de variáveis seja considerado. Observa-se que, quando alguma dessas interações não está ocorrendo e influenciando o movimento, o valor da variável é igual a zero, não interferindo na soma. Quando todas essas variáveis são zero, o movimento permanece automático, como o ilustrado anteriormente, variando entre -1 e 1.

Quando alguma dessas variáveis assume um valor e modifica a probabilidade do movimento, como em uma caçada ou fuga, ela tende a retomar seu valor original aos poucos quando a causa do efeito deixa de existir.

O resultado final do valor gerado é ainda multiplicado pela variável de velocidade automática, permitindo que cada ser possua uma velocidade diferente de movimentação. A sua velocidade automática é gerada no momento de sua criação em um valor randômico que varia entre 1 e 5.

Todos os pontos restantes de seu corpo possuem movimento automático determinado por essa mesma variável. Quando mais distantes da cabeça, mais lento é o movimento. Esse comportamento é gerado de maneira sintética para todos os pontos por um *looping*. Assim, o movimento principal de cada ser é determinado exclusivamente pelo seu primeiro ponto, a sua cabeça. O restante do movimento do seu corpo é derivado desse deslocamento inicial da cabeça.

O deslocamento dos seus outros pontos ocorre com uma espécie de atraso, dando a sensação de existe uma deformação elástica de seu corpo, em um processo de desaceleração conhecido como *easing*. Nesse

movimento, a posição de cada ponto é definida de acordo com a distância entre ele e seu destino, de maneira que, quanto mais perto estiver, mais lentamente deverá se deslocar, tornando o movimento mais orgânico visualmente.

Outras duas variáveis influenciam o movimento de *easing* descrito. Enquanto uma variável é responsável pela velocidade geral do movimento do corpo de cada ser, a outra modifica a relação interna entre os pontos de seu corpo.

Cabe ressaltar que a relação programada é resultado de ajustes de experimentação visual, que ocorreram até que os movimentos pudessem ser percebidos visualmente, evitando-se a presença de extremos muito lentos ou rápidos demais, com diferenças perceptíveis visualmente entre os seres.

Uma outra característica importante relacionada ao movimento é a sua influência na variação das cores e tamanhos dos indivíduos. Depois de criados com as cores aleatórias já descritas, cada variável do modo RGB oscila dentro do *movimento Browniano* apresentado. Assim, como cada ser possui uma velocidade diferente, a transição das cores também ocorrem em tempos distintos. O mesmo ocorre com a variação dos tamanhos das formas geométricas: são iniciadas em dimensões aleatórias (dentro da faixa definida) e depois oscilam o tamanho de acordo com a velocidade automática do movimento.

O código possui também os limites para a variação de tamanho e cores, pois independente do seu valor inicial, não é desejável que uma forma única cresça demais e ocupe toda a tela e nem desapareça por ser muito pequena. Essa tendência aleatória das cores e tamanhos que acompanham o movimento também são influenciadas pela interação direta entre os seres.

Outro elemento influenciado pela velocidade automática de cada ser é o seu 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 seres, seguindo a lógica do *movimento Browniano* de seu deslocamento, aplicada também às cores e tamanhos. Dessa maneira, as formas não giram livremente, mas alternam nos sentidos horários e anti-horários aleatoriamente. Seres em situações específicas, como alterados por uma briga recente, possuem a sua velocidade automática alterada, fazendo com que a rotação se torne mais explícita.

Além disso, cada indivíduo produz um som próprio, definido no momento de sua criação. Para cada ser um timbre de instrumento é definido, assim como uma nota musical. O volume do som e a duração da nota são padronizados para todos os seres.

Para que o som seja emitido poucas vezes, foi definido que, a cada quadro, uma probabilidade do

evento ocorrer de 0,005% deve ser sorteada. No momento em que o som é emitido, uma elipse aparece no último ponto do indivíduo, como um sinal visual que indica a origem do som.

As variáveis apresentadas, relativas às características visuais e de movimentação dos seres, são definidas no momento em que cada ser é concebido. 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, 24 variáveis são utilizadas para personalizar cada ser criado por essa classe.

Todas as variáveis relacionadas à aparência e movimentação apresentadas, definidas aleatoriamente no momento da criação dos seres, são organizadas antes da sua criação em uma lista, como um código de DNA. A lista permite uma série de possibilidades quando um novo ser é gerado, como a de escolha de uma característica específica para o indivíduo, como a sua forma principal, o seu número de pontos, quantidade de vida, cores, tamanho, entre outras.

Isso permite, por exemplo, que a origem dessas variáveis 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 obra 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 ser 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 seres. Isso permite uma série de releituras da obra, vinculando-a a significados distintos.

### 3.2 Interações Entre os Seres

A colisão entre dois indivíduos ocorre dentro de um *looping for*, que inicia a partir do valor do número identificador do indivíduo até o tamanho da lista bichos. Assim, cada ser apenas 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, 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 instante. Por isso, na definição da hierarquia de comportamentos possíveis de acordo com as condições

estabelecidas, as reações devem ser duplicadas para o comportamento indivíduo B.

Todo o processo de colisão é calculado a partir dos seus primeiros pontos, o mesmo ponto onde é desenhada a forma geométrica de suas cabeças. O processo de detecção de colisão consiste em uma condicional que avalia a distância entre esses pontos. Para isso, a variável de distância calcula a reta que liga os centros das cabeças dos seres em que a colisão está sendo verificada.

Como a colisão deve ser visualizada, dando a sensação de que as formas possuem volume, elas não devem se sobrepor. Para tanto, a distância deve coincidir com o desenho de suas cabeças. No entanto, as formas geométricas variam de tamanho entre os indivíduos, conforme apresentado anteriormente. Por isso, a maneira de calcular a distância em que as formas entram em intersecção, mesmo que tenham tamanhos diferentes, deve ser a partir da variável de seu diâmetro. Apesar de formalmente estar relacionada aos círculos, a mesma variável é utilizada no desenho dos quadrados e triângulos, definindo a área de colisão.

Para que a colisão seja detectada quando as linhas delimitadora das formas geométricas se tocarem, a condição é que a distância entre os pontos centrais das cabeças seja menor do que a soma dos seus raios (soma dos diâmetros divididos por dois).

Nessa condição, diferentes respostas podem surgir, a depender da combinação das formas dos seres que colidem, do fato de estarem vivos ou um deles estar morto ou de estarem prontos para o cruzamento. Na verdade, outros comportamentos de interação também ocorrem antes da intersecção das formas, fazendo com que alguns seres sejam capazes de fugir ou de caçar um outro ser quando estiver em sua presença. Todas essas interações consistem em colisões, detectadas em diferentes momentos, com diferentes distâncias entre os seres. 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 cinco.

A depender da distância entre as formas, uma série de condições são verificadas para determinar o comportamento dos indivíduos. Ao se virem de longe, caso estejam vivos e possuam formas geométricas diferentes, o indivíduo mais forte pode caçar o mais fraco, assim como o mais fraco pode fugir do mais forte. Caso um dos dois esteja morto, o outro tende a procurá-lo para devorar a sua carcaça e pegar a sua energia. O estado de caça faz com que o indivíduo tenha um quadrado desenhado em sua segunda forma geométrica, assim como o indivíduo que foge possui um triângulo no mesmo local, ambos sem preenchimento, visando elaborar um efeito abstrato associado ao seu estado emocional.

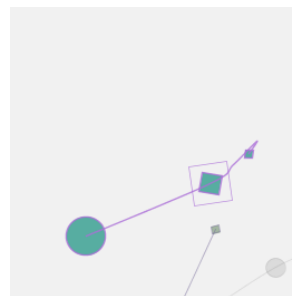


Figura 10: Exemplo de ser caçando na obra Morfogênese.

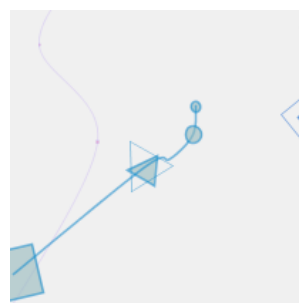


Figura 11: Exemplo de ser fugindo na obra Morfogênese.

Quando estão próximos, dois indivíduos de formas diferentes tendem a brigar, perdendo energia a cada colisão. O processo de briga faz com que os seres reproduzam os seus sons característicos e retângulos pisquem na tela no local de cada contato.

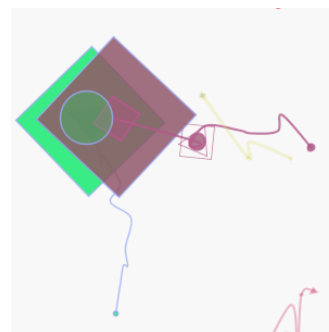


Figura 12: Exemplos de seres de formas diferentes brigando na obra Morfogênese.

Quando um dos seres morre, o outro rouba a sua energia se alimentando de seu corpo. Nesse momento, um quadrado sem preenchimento é rotacionado em sua cabeça como um indicador visual do processo.

Se as formas geométricas de suas cabeças forem iguais, ao se enxergarem de longe os indivíduos maduros se aproximam para acasalar. Nesse estado, eles possuem um pequeno círculo em seu penúltimo ponto, como se estivessem ovulando. Ao se deslocar na direção de outro indivíduo maduro, um outro círculo não preenchido é desenhado em volta do primeiro, indicando a sua ação.

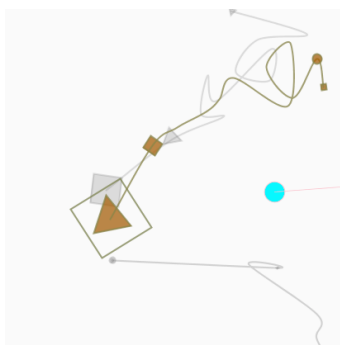


Figura 13: Exemplo de ser se alimentando do corpo de outro ser na obra Morfogênese.

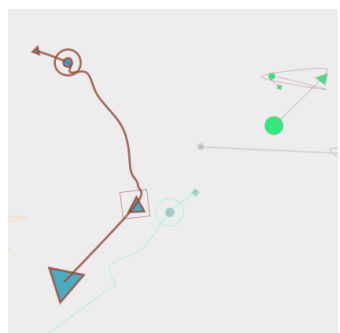


Figura 14: Exemplo de ser ovulando na obra Morfogênese.

Caso não estejam maduros, eles se afastam para explorar o território, mas, caso a forma geométrica de suas caldas forem semelhantes, eles podem formar um grupo, uma gangue, que tende a permanecer unida para se defender de inimigos mais fortes.

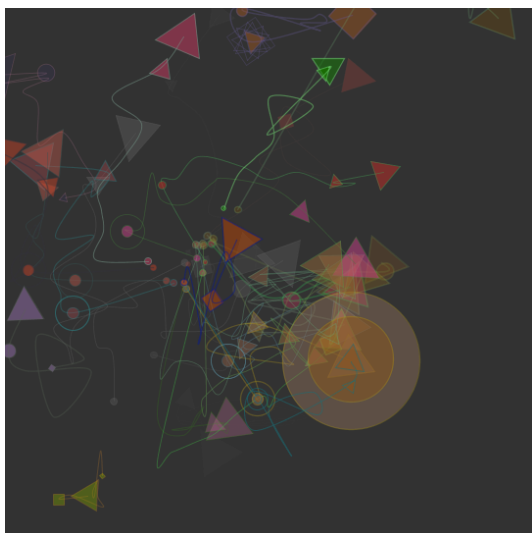


Figura 15: Exemplo de gangue de seres semelhantes na obra Morfogênese.

Quando indivíduos semelhantes maduros se tocam, o cruzamento é iniciado. Ele dura cerca de seis segundos e, durante esse tempo, círculos são desenhados em suas cabeças, sua velocidade é

acelerada gradualmente e os seus sons são reproduzidos de maneira ritmada. Após esse período, um descendente é gerado entre eles, concebido com a mescla das características de seus pais.

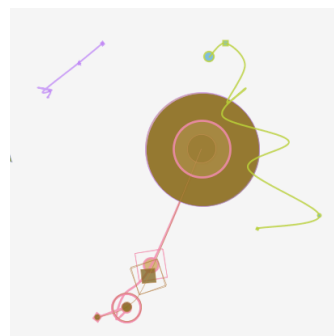


Figura 16: Exemplo de seres cruzando na obra Morfogênese.

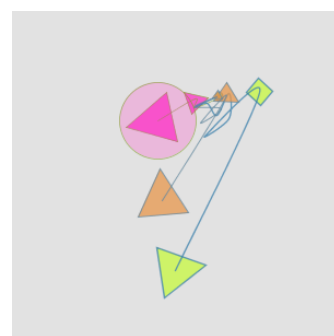


Figura 17: Exemplo de seres gerando um descendente na obra Morfogênese.

Uma outra possibilidade de interação entre os seres ainda pode ocorrer. Todo indivíduo possui a capacidade de prender nos pontos centrais da linha de seu corpo um outro indivíduo, desde que a forma geométrica de seu pescoço seja igual à forma geométrica da cabeça do outro indivíduo, seja ele um semelhante ou um inimigo. Quando isso ocorre, o ser que prendeu o outro absorve aos poucos a sua energia e impõe a sua composição cromática ao outro ser subjugado. As suas formas geométricas também ficam com a metade do tamanho das formas geométricas do ser dominador. Tudo isso faz com que o ser que ficou preso pareça apenas um membro do outro indivíduo.

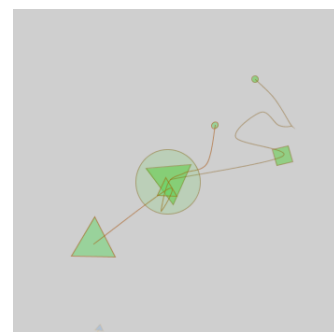


Figura 18: Exemplo de ser preso no corpo de outro ser na obra Morfogênese.

Inicialmente, foi inserida na obra uma possibilidade simples de interação com o espectador. Todos os seres tendem a evitar o *mouse* ou o toque em uma tela sensível, distanciando-se aos poucos. Quando o toque ocorre em cima de uma forma geométrica de um indivíduo, ele reproduz o seu som, um círculo com o dobro do seu diâmetro é desenhado em sua cabeça e a sua velocidade automática é aumentada, como se ele fosse cutucado.

A cada renderização o código gera comportamentos e situações distintas entre os indivíduos. As imagens criadas de maneira automática parecem imagens de colônias de bactérias ou fungos, conforme ilustrado a seguir.

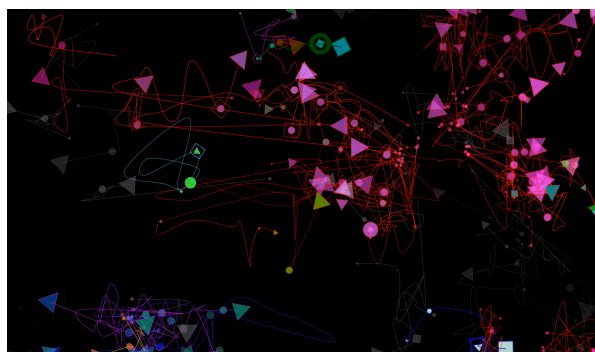


Figura 19: Exemplo de composição autopoietica gerada pela obra Morfogênese.

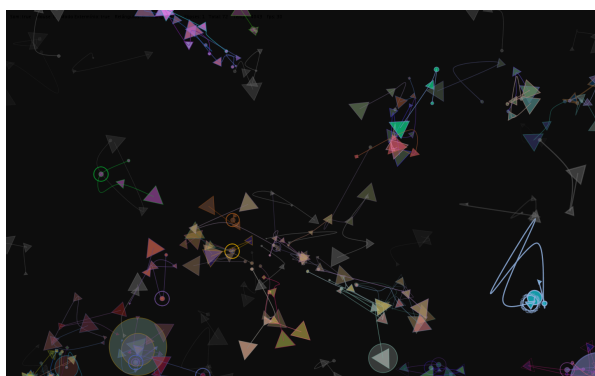


Figura 20: Exemplo de composição autopoietica gerada pela obra Morfogênese.

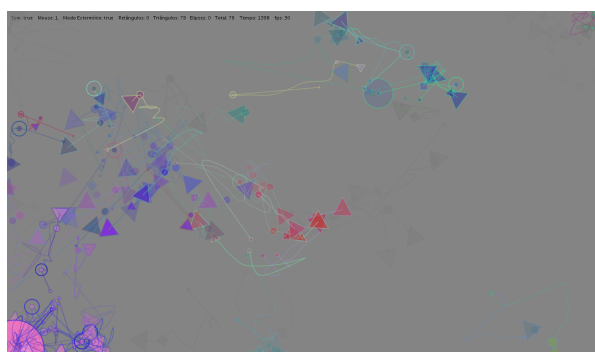


Figura 21: Exemplo de composição autopoietica gerada pela obra Morfogênese.

Em movimento, juntamente com os sons produzidos, a experiência vai além das imagens apresentadas, promovendo uma imersão no ambiente microscópico de Morfogênese.

### 3.3 Comportamentos Emergentes

Quando os seres interagem por bastante tempo, pelo menos cerca de 20 minutos, alguns comportamentos emergentes foram observados.

Um deles é a presença de dois modos de adaptação bem sucedidos e que podem ocorrer ao mesmo tempo. Enquanto um grupo cria gangues e mantém um número elevado de seres que, por serem muitos, não conseguem se alimentar e possuem a sua energia média baixa, o outro grupo acaba desenvolvendo a estratégia oposta, com poucos indivíduos com muita energia e capacidade de lidar com várias brigas, com comida em abundância. Nessas situações, os seres mais fortes caçam o grupo maior, como se fosse um cardume, ganhando as brigas uma a uma e se tornando mais fortes.

Foram observados dois desfechos diferentes para essas situações. No primeiro o predador mais forte consegue se alimentar até acabar com o grupo maior inteiro. Foi observado um caso em que um indivíduo sozinho 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.

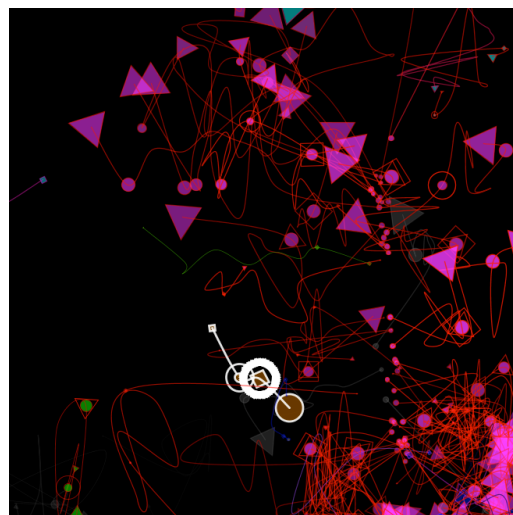


Figura 22: Exemplo de comportamento de predador e cardume na obra Morfogênese.

Outro comportamento emergente observado é a mescla das gangues com o uso das 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. Nesses casos ele 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 energia para sustentá-lo novamente.

Esse comportamento coletivo permitiu ao grupo se manter ao longo do tempo sem precisar brigar com formas diferentes para roubar sua energia, sendo uma estratégia bem sucedida.

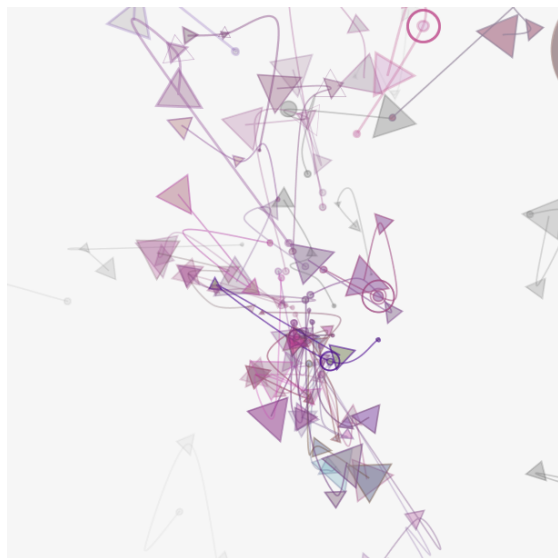


Figura 23: Exemplo de comportamento de gangues de semelhantes e teias combinados na obra Morfogênese.

Quando as redes são formadas com inimigos, o equilíbrio é mais instável e depende da taxa de reprodução dos subordinados. Quando estes conseguem aumentar o seu número rapidamente, eles podem conseguir atacar seu dominador e eliminá-lo, se libertando da rede de seu corpo.



Figura 23: Exemplo de comportamento de teias em inimigos na obra Morfogênese.

## Considerações Finais

Entende-se que, enquanto obra de arte computacional, o tema abordado transita por questões atuais e

conceitos relevantes para a área de Arte e Tecnologia. A criação de jogos eletrônicos artísticos, conhecida como gamearte, permite a reflexão acerca de um novo formato de interação entre as pessoas, gerando experiências diferenciadas e, muitas vezes, inesperadas, como caráter emergente da Morfogênese.

Acredita-se que essa interação inicial seja suficiente para provocar o espectador e quebrar a sua expectativa no contato com a obra. No entanto, essa é apenas uma proposta inicial de interatividade, sendo que outras possibilidades já estão sendo desenvolvidas, como a possibilidade de levar um indivíduo "roubado" da exposição em seu celular, de forma que possa escapar novamente e ficar solto pela cidade em busca de alimento, ou mesmo gerar indivíduos automaticamente de acordo com as características de dados de rede fornecidos por artefatos disponíveis no ambiente, como celulares, *tablets* e *notebooks*.

## Referências Bibliográficas

- CASTELLS, M. *A Galáxia da Internet*. Reflexões sobre a Internet, os negócios e a sociedade. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2003.
- CHEVALIER, M. *Segunda Natureza*. Exposição: Brasília, 2009.
- DELEUZE, G; GUATTARI, F. Rizoma. In: DELEUZE, G; GUATTARI, F. *Mil platôs: capitalismo e esquizofrenia*. Rio de Janeiro: Ed. 34, 2000. 1v. p. 11-52.
- FLUSSER, V. *O Universo das Imagens Técnicas – elogio da superficialidade*. São Paulo: Annablume, 2008.
- JOHNSON, S. *Emergência – a vida integrada de formigas, cérebros, cidades e softwares*. Rio de Janeiro, Jorge Zahar Editor, 2003.
- SILVA, T. B. P. *Tanque de Esboços*. Obra de artes visuais/Instalação: Brasília, 2011.
- SIMS, K. *Evolved Virtual Creatures*. Obra de artes visuais: 1994.
- SORJ, B. *Brasil@povo.com. A luta contra a desigualdade na Sociedade da Informação*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2003.
- 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.
- WACKERNAGEL M., REES W. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. USA: New Society Publishers, 1996.