



**Universidade de Brasília**

**Instituto de Artes**

**Departamento de Design**

Tiago Mergulhão Santos Castro

**Interact**

Usando interatividade para explicar emergência

Orientação

Daniela Fávaro Garrossini

Brasília

Julho de 2018



## Resumo

Este trabalho é uma exploração de como disseminar o conhecimento sobre sistemas emergentes utilizando tecnologia. Por meio de pesquisa de diversas experiências, programas, literatura e jogos interativos, será criado um léxico sobre sistemas emergentes. Sistemas emergentes são populações de agentes individuais que, ao atingir um limiar populacional, esta população apresenta características orgânicas que, em alguns casos, beneficiam a população. Este léxico será aplicado na definição de certos conceitos de agência e emergência. Por meio disto, será constituída uma narrativa sobre uma questão social efetiva e atual, que será enquadrada em meio a estes conceitos. Este enquadramento ajudará a exploração e desenvolvimento por meio de ferramentas tecnológicas. A representação final é uma experiência visual que explique a influência do indivíduo no desenvolvimento das características de uma população. Esta experiência será produzida utilizando ferramentas de desenvolvimento de jogos e motores de comportamentos de inteligência artificial. Isto busca visibilizar uma forma de raciocínio no qual a modelagem de problemas seja possível por métodos sistemáticos em vez de inferência. Apesar da conclusão do processo não resultar na reprodução fiel da questão definida, diversas discussões são levantadas em relação à viabilidade de tal simulação em sistemas sociais humanos. Finalmente, a pergunta é, como ferramentas de pensamento, tais como emergência e agência, podem ser associadas à tecnologia para viabilizar o estudo e compreensão da sociedade.

**Palavras-chave:** sistemas emergentes, jogo, experiência, interatividade, comportamento, emergência

## Índice

1. Introdução.....	6
2. Objetivo .....	7
3. Contextualização .....	7
4. Referencial Teórico: Conceitos de emergência. ....	10
4.1. Comportamento em sistemas emergentes.....	12
4.2. Estimulos em sistemas emergentes.....	14
4.3. Características do Sistema.....	16
4.4. Fatores Externos ao Sistema.....	17
4.5. Equilíbrio do Sistema .....	19
5. Construção da Experiência.....	20
6. Considerações finais sobre experiência.....	24
7. Referências Bibliográficas.....	26
8. Referências Web.....	26
9. Referências de Software.....	26

## Lista de figuras

Figura 1: Distribuição de renda em uma sociedade que tende à erradicação da miséria .....	8
Figura 2: Distribuição de renda onde há uma classe média artificial .....	9
Figura 3: Fireflies, imagem do painel de controle.....	11
Figura 4: Fireflies, imagem do jogo .....	13
Figura 5: Frost (2018), imagem do jogo.....	15
Figura 6: Fireflies, sobreposição figurativa de raio de influência .....	15
Figura 7: Timelapse de Fireflies com a duração de 12 segundos.....	17
produzido pelo autor.....	17
Figura 8: Sim City (1989), imagem do jogo.....	18
Figura 9: World of Goo (2008), imagem do jogo.....	18
Figura 10: Mountain, imagens promocionais capturadas do jogo.....	19
Figura 11: Rymdkapsel, cena de início do jogo .....	20
Figura 12: Exemplo de evolução demográfica bifurcada do sistema.....	21
Figura 13: Sistema no qual a passagem do tempo levou a evolução conjunta da população.....	22
Figura 14: Componentização da entidade em diversos elementos.....	23
Figura 15: Exemplo de agentes (esferas menores) flutuando no espaço tridimensional sendo atraídos pelos pivôs (esferas grandes brancas).....	24
Figura 16: Exemplo de sistema de cardume em Boil Up.....	25

## 1. Introdução

Desde que iniciei meus estudos sempre tive o interesse que minha criação tivesse uma característica que representasse nossa semelhança. Este desejo se assemelhava a criar uma assinatura de autor que fosse original e que não necessitasse o meu nome.

O espectro de minha atuação se confunde entre a arte e a tecnologia, no entanto, está sempre guiado à curiosidade e à expressão de ideais. No meu entendimento, programar é só um aparato para expressar o que há na mente. Na minha opinião, programar é a forma de expressão que se beneficia de sua característica etérea para possibilitar a transmissão de idéias. Da mesma forma, é da mente do designer que sai o afã de desviar o intuito de um ferramental exato para a expressão da mente visualmente e sensorialmente.

Estes ideias são a amalgama de referências por diversos autores e criadores, dentre eles: Stephen Wolfram (New Kind of Science), Nicky Case (Parable of Polygons), Steven Johnson (Emergence), John Horton Conway (Game of Life), Syed Reza Ali (F3), dentre outros. Seus exemplos eram de estruturas e pensamentos que poderiam superar a expressão do autor por meio de sua interação com o expectador.

Usando ferramentas digitais como estas, é possível gerar um produto para facilitar a veiculação de um bem ou serviço. Neste caso, o produto seria a representação de uma expectativa que poderia ser traduzida em design de interface, design de serviço, dentre outras vertentes do design. Em outros casos, o uso de ferramentas digitais se dá por meio de criar arte conceitual, algo que em si não tem utilidade, é da interação que se cria a moral ou razão, e a significação desta está independente do autor.

Este trabalho discute o uso de ferramentas interativas para modelar sistemas naturais com o intuito de propagar o uso do raciocínio sistemático. Sendo este também, um produto interativo visual que facilite esta comunicação e suas funcionalidades. O arcabouço teórico se dará pela formalização de terminologia associada à explanação de sistemas emergentes. Para definir esta terminologia, começamos por estudar um exemplo de experiência educativa/interativo.

O interesse individual de compreender nos levou a encontrar sistemas que descrevam o físicos de forma fidedigna, com suas limitação. Estes sistemas se desenvolveram e são capazes

de explicar cada vez mais sobre o universo. No entanto, muitos deles falham em sequer representar a complexidade da natureza social humana. E é por isso que é importante insistir em usar as ferramentas mais arrojadas do pensamento para explicar o social.

## 2. Objetivo

Criar um simulador de emergência em sistemas sociais que explique como comportamentos simples entre indivíduos podem influenciar o comportamento de outros indivíduos, assim moldando as características de um sistema. E, por conseguinte, exemplificar como estes comportamentos são a fonte de características resilientes que se repetem e perduram por estarem associadas à pontos de equilíbrio no qual a presença destas reforça a sua manutenção.

Para tal criação, são discutidas as perspectivas do autor sobre o cenário urbano com o objetivo de traçar uma ideia de sistema no qual uma característica resiliente é visível e como esta poderia ser reproduzida.

## 3. Contextualização

Faz alguns dias que eu entrei em contato com um poster da Yale School of Architecture que me remeteu a um tema que me ocorre bastante: a relação do habitante com a cidade. O título do poster e da convenção era Noncompliant Bodies: Social Equity and Public Space. Esta, que aconteceu no início de abril de 2018, busca visibilizar projetos que atendam indivíduos independente de suas necessidades, raça ou gênero. Estes projetos foram desenvolvidos por um conjunto de designers de diversas especialidades com o objetivo de visibilizar necessidades de grupos marginalizados e oprimidos.

Estas discussões são de profunda importância levando em conta que o que se constrói no espaço urbano é um legado hereditário. Isto pois, este espaço urbano é moldado pela construção urbana somadas ao impacto do exercício cotidiano da população. Este exercício está associado ao uso da infraestrutura urbana e quais são as impressões e memória geradas na população; são que uma sociedade acontece. O objetivo desse esforço é imaginar possíveis formas nas quais o relacionamento entre corpos e o ambiente antrópico da cidade podem se dar no futuro.

O legado hereditário é uma menção ao que conhecemos como a cultura de uma cidade. As indagações são sobre que tipo de característica social um cenário urbano incentiva, que tipo de viés é intensificado por um perfil político, quais são as consequências de evitar/incentivar o design plural, e quais são as atitudes que podem suavizar desigualdades.

Escolhendo Brasília como um modelo para estas questões, observa-se um projeto modernista na cidade. Ambiente urbanos planejadas sob este viés entendem que o indivíduo pode ser modulado em um protótipo médio, sendo esta imagem usada como régua para o desenho de cenários. Um dos exemplos disso é o fato do desenho ser categórico ao subentender que a locomoção urbana do futuro seria a privado, e que o estilo de vida seria o suburbano.

Não obstante, uma cidade não se resume à premissas históricas. Muito do que é viver numa cidade é saber lidar com o cenário; e muito do que é a cidade, são as várias camadas de pintura e a resignificação do que já havia. O desenvolvimento da história de uma cidade compreende o mover de indivíduos e instituições, a construção, destruição, renovação e degradação de infraestrutura. Apesar de o Plano Piloto ser o protótipo, diversas outras expressões urbanas se formaram. Estas expressões, rechaçadas como invasões, são a forma natural na qual a maioria dos cenários urbanos surgem.

Outro fator que inclina a cidade é a condição na qual os cidadãos interagem no ambiente. A abertura de caminhos novos físicos (como rodovias ou calçadas) ou imateriais (métodos de ascensão financeira e acesso à cultura) é fator da permeabilidade sócio-econômica e da escala global em que a cidade se posiciona.

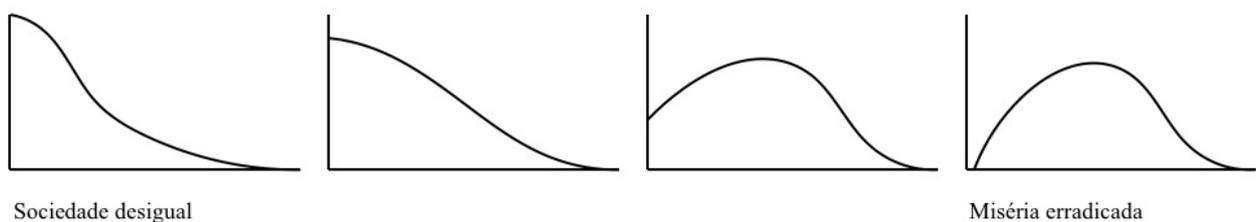


Figura 1: Distribuição de renda em uma sociedade que tende à erradicação da miséria  
produção do autor

Para parte da população de Brasília, a cidade que possui uma configuração física e social estática onde o meio de ascensão se dá por seleções meritocráticas excludentes (como o concur-

so público e o vestibular) e os meios econômicos se centralizam no Plano Piloto (a exemplo da setorização urbana). Estas perspectivas diminuem a permeabilidade social do ambiente urbano pois a aspiração de ascensão por meio do concurso é uma expectativa que beneficia poucos e frustra os demais. Não obstante este sistema de mérito é carregado de uma expectativa de justiça que resulta numa falsa percepção acesso à oportunidades.

Na maioria das cidades do mundo, as sucessivas invasões e construções fizeram do cenário urbano um mosaico de faixas sociais. Este mosaico é fundamental para a vascularização de ideais e a permeabilidade social. Em contrapartida, a própria distância geográfica e centralização do poder na Plano Piloto marginaliza as cidades satélites. Esta distância tendencias as impressões sobre o centro urbano à adjetivos que retratam a realidade do Plano Piloto, sendo este um prejuízo cultural para o cenário urbano.

A classe média que ocupa os bairros centrais se caracteriza como uma zona de carga entre a população marginal e as demais faixas. Zonas de carga são caracterizadas por um salto social seguido de um teto de vidro, gerando uma manutenção hereditária da disponibilidade desta condição social. A mera disponibilidade deste meio de ascensão social apela para o mais primal do indivíduo, incitando comportamentos cuja característica emergente pode levar à legitimação da segregação social.

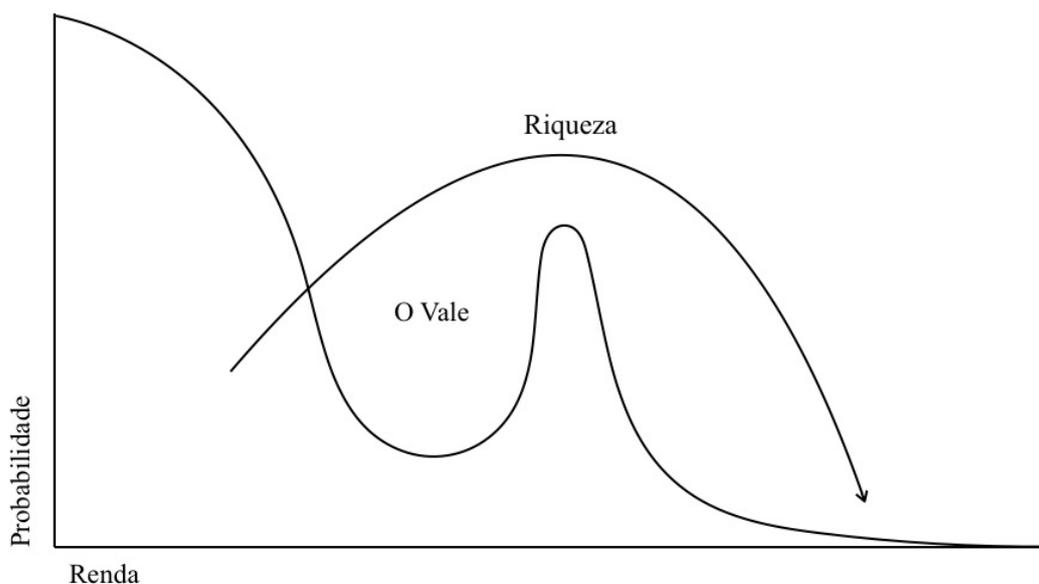


Figura 2: Distribuição de renda onde há uma classe média artificial  
produção do autor

O que mais agrava esta situação é que a convivência do indivíduo à uma percepção social de valor está profundamente associado à vascularização social. É possível argumentar que o alinhamento moral do cenário social inclina o comportamento individual mais que o alinhamento ideológico do indivíduo.

Apesar de todos estes argumento, continua sendo ilegítimo negar ao cidadão o direito de querer se beneficiar pelos meios que lhes forem apresentados. A questão é, quais são as características sociais, os comportamentos que viabilizam estas características, os estímulos e interfaces entre os indivíduos, e os fatores externos deste sistema.

A busca mira em estudar estes fatores e modelar a emergência de uma característica urbana, em busca de argumentar que tipos de iniciativa beneficiariam este ambiente. Isto, levando em conta que a cidade é uma construção hereditária, o indivíduo obedece à sua percepção social de valor, a permeabilidade social favorece a difusão de comportamentos e fatores externos direcionam equilíbrio, mas não modulam comportamento.

#### 4. Referencial Teórico: Conceitos de emergência.

Emergência é uma característica de um sistema que apresenta um padrão complexo proveniente a amalgama de interações simples entre elementos. Um forte característica da emergência é que ela não pode ser observada no elemento isolado de seu ambiente e que o comportamento do elemento não denota de forma direta a característica do sistema.

Para entender melhor como emergência funciona, se fez um estudo de diversos jogos, sistemas e experiências interativas com o objetivo de solidificar certos conceitos. O exemplo que vamos usar é o Fireflies (Nicky Case, 2017) que, apesar de não ser um sistema emergente, é um modelo de reprodução educativo de sistema emergente. Este autor desenvolveu vários modelos de reprodução que buscam explorar o comportamento padrões sociais.

Além deste exemplo, serão citados diversos outros que variam em um espectro entre arte conceitual e jogo digital.

O exemplo que será mencionado por este estudo é o Fireflies de Nicky Case. Em vários de seus trabalhos, este autor transforma uma ideia em um modelo de experiência/arte interativa/in-

strutiva que possibilita o aprendizado por meio de acompanhamento narrativo e ajuste de parâmetros que influenciam uma população, caso uma esteja representada na interação.

O exemplo a foco desta discussão, Fireflies, foi escolhido pois trata de um grupo emergente, oferece métodos de acesso ao sistema emergente e revela conteúdos instrutivos paulatinamente. No exemplo é possível apreender conceitos que possibilitam a criação de um produto similar. Conceitos tais como: comportamento, estímulo, característica, fatores externos e equilíbrio.

Esta experiência veiculada na plataforma web explica o comportamento populacional noturno de certos tipos de vaga-lumes em mangues do Sudoeste Asiático. Estes animais conseguem sincronizar o disparo de suas luzes com indivíduos adjacentes fazendo uma rede de comunicação. A extrapolação populacional deste comportamento é um show de luzes em que blocos de vaga-lumes piscam sincronizadamente.

Para explicar a emergência deste fenômeno, são postos num espaço bi-dimensional representações de vaga-lumes cuja única propriedade é piscar, o comportamento. Em seguida, é explicado o conceito de ajuste baseado na comunicação entre indivíduos, os estímulos. Finalmente é apresentado um painel onde se ajusta a quantidade de indivíduos, o raio de influencia dos estímulos e o peso deste estímulo. Além disso, é sempre possível tocar num indivíduo para reajustar a batida de seu piscar, sendo esta outra forma de influenciar o meio.

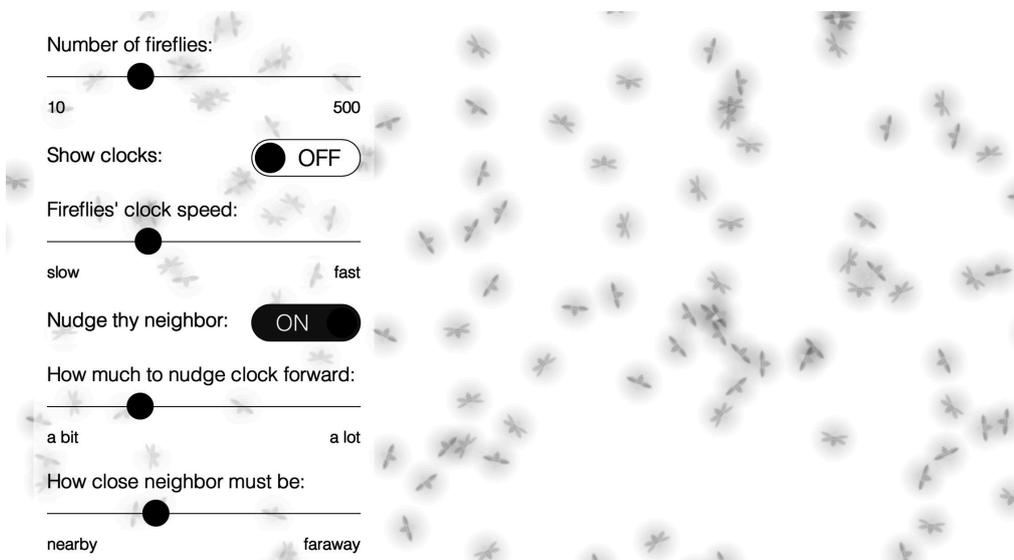


Figura 3: *Fireflies*, imagem do painel de controle retirada da web <http://ncase.me/fireflies>

Finalmente, por meio deste exemplo e seu vocabulário, é possível estudar como ajustes em comportamentos e influências de fatores externos podem direcionar características em sistemas emergentes, assim alterando ou apagando pontos de equilíbrio.

#### 4.1. Comportamento em sistemas emergentes

Comportamento diz respeito à interação direta ou indireta entre entidades unitárias (indivíduos) por meio ou não do ambiente. Este termo sempre será aplicado ao indivíduo unitário de um sistema.

Segundo Wolfram (2002), comportamentos são a fonte da representação de características. Estes, se analisados isoladamente, não tem qualquer relação com o macro-comportamento da população estudada. Em *A New Kind of Science*, o autor argumenta e exemplifica que sistemas com regras de comportamento simples podem atingir estados de organização superiores quando entram em escala. Assim, ele desmistifica o requisito de uma consciência ou um manual exaustivo para a emergência comportamentos complexos.

Na definição deste autor, complexidade abarca os seguintes conceitos: auto-organização, auto-semelhança, diversidade, emergência e imprevisibilidade.

Em suas próprias palavras:

For our everyday experience has led us to expect that an object that looks complicated must have been constructed in a complicated way. And so, for example, if we see a complicated mechanical device, we normally assume that the plans from which the device was built must also somehow be correspondingly complicated.

(...) at least sometimes such an assumption can be completely wrong. For the patterns (...) in effect built according to very simple plans—that just tell us to start with a single black cell, and then repeatedly to apply a simple cellular automaton rule. Yet what emerges from these plans shows an immense level of complexity.

Tradução livre do autor:

Pois nossas experiências cotidianas nos levaram a esperar que um objeto que parece complicado deve ser construído de forma complicada. E então, por exemplo, se nós vemos um aparelho mecânico complicado, nós normalmente supomos que o pro-

jeto de construção do aparelho de alguma forma também deve ser simetricamente complicado.

(...) pelo menos de vez em quando tal suposição pode ser completamente errada. Isto pois os padrões (...) em ação são construídos de acordo com um plano muito simples—que diz para nós começarmos com uma única célula preta, e então repetidamente aplicar uma regra de célula autômata. Ainda assim o que surge destes planos mostra um nível imenso de complexidade.

Comportamentos são as formas nas quais uma entidade se relaciona com o ambiente local. Um exemplo deste comportamento presente em Fireflies é a sincronização entre o pulsar de dois vaga-lumes. O vaga-lume no exemplo possui o comportamento de ajustar o metrônomo que dispara sua bioluminescência ao receber o estímulo luminoso de outro elemento.

Não obstante, comportamentos são somente parte do ferramental mínimo para gerar emergência. Em sistemas emergentes, uma entidade exhibe um comportamento em associação à outras entidades por meio de estímulos e impressões destes estímulos.

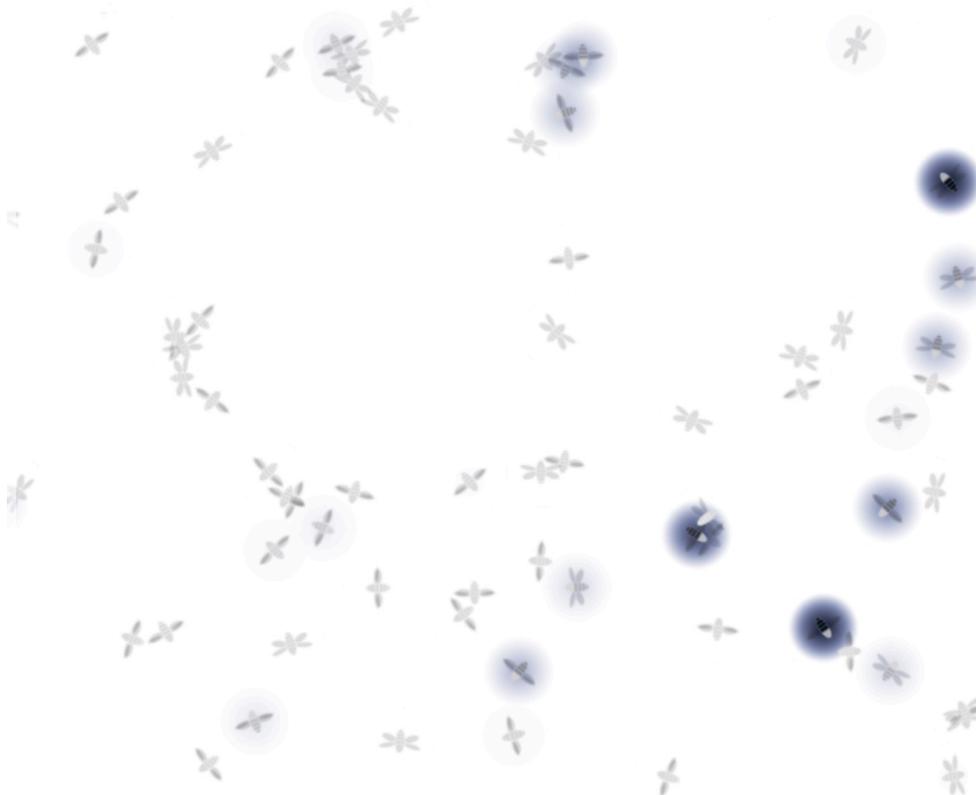


Figura 4: Fireflies, imagem do jogo  
retirada da web <http://ncase.me/fireflies>

## 4.2. Estimulos em sistemas emergentes

Comportamentos geralmente estão atrelados a um método de reconhecimento de estímulos que está sujeito à uma taxa de carga. Esta taxa de carga se dá por meio de condicionais ou de tempo de exposição. Uma impressão é um par condicional de interação local que aciona um comportamento.

Segundo Johnson (2001), a sociedade humana e a criação de sistemas em emergência acontece pelas interações que acontecem entre indivíduos. Um exemplo disto é o cenário urbano, neste uma população é composta das interação que acontecem entre os indivíduos em calçadas. Em contraste, um indivíduo que toma um via expressa não é capaz de se comunicar com o ambiente e as marcas deixadas pelos demais indivíduos, fazendo com que este esteja alienado daquela realidade.

Nas próprias palavras do autor de *Emergence*:

What matters is that they are the primary conduit for the flow of information between city residents. Neighbors learn from each other because they pass each other—and each other’s stores and dwellings—on the sidewalk.

Tradução livre do autor:

O que importa é que eles são o condutor primário de informação entre os residentes da cidade. Vizinhos aprendem uns dos outros por que eles passam uns pelos outros—e pelas lojas e moradias de dos outros—na calçada.

No jogo Frost (2018) são apresentados a cada nível uma gama de novos agentes que interagem entre si de forma particular. A beleza e charme do jogo se dá no fato que o usuário pode guiar os cardumes de partículas para interagir entre si e observar seu comportamento de grupo.

No exemplo dos vaga-lumes, para um indivíduo identificar ao outro, é necessário que os dois estejam a linha de vista e próximos. Isto é um requisito para que a impressão dispare o comportamento.

Na figura 6 é representado graficamente o raio de influência do disparo de um vaga-lume. Dentro deste raio de influência, outro indivíduo será estimulado à ajustar seu metrônomo. Existem várias formas de modelar estas influências, seja por meio de modulação por variável (dis-

tância da fonte), somático (ajustes diminutos que se somatizam) ou, como neste caso, precedência (o último estímulo determina o ajuste) ou uma combinação das anteriores.



Figura 5: Frost (2018), imagem do jogo retirada pelo autor do aplicativo

Quando um comportamento é associado à estímulos um conjunto populacional pode apresentar uma característica secundária. Esta característica co-depende da massa crítica populacional da consistência do comportamento e da efetividade na comunicação de estímulos.

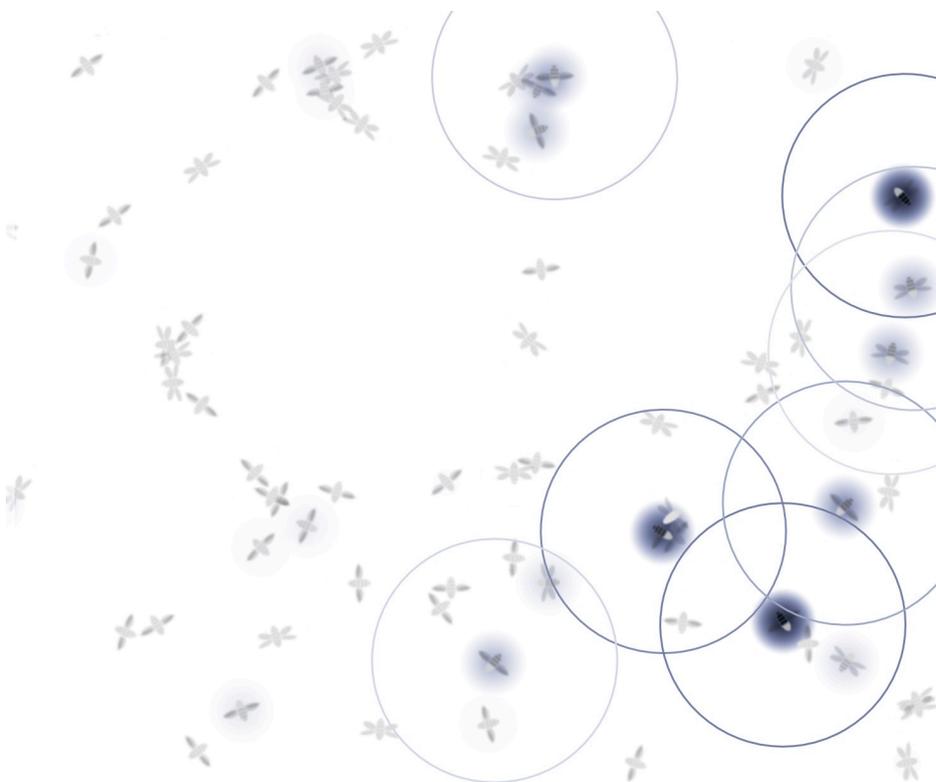


Figura 6: Fireflies, sobreposição figurativa de raio de influência retirada da web <http://ncase.me/fireflies>

### 4.3. Características do Sistema

Características são percepções globais sobre as tendências de um sistema em equilíbrio ou não. Este termo se aplica ao escopo populacional, não individual. Quando um comportamento aplicado a um conjunto de entidades que interagem entre si, é possível gerar uma característica quando há um número de entidades mínimo.

Segundo Johnson, características se referem ao populacional pois elas só se manifestam quando o sistema supera massa crítica. Não só isso, como a ciência desta características pelos autores cujos comportamentos a compõem é opcional. É possível imaginar que uma formiga possa funcionar sem estar intencionalmente comedida com a colônia.

Segundo suas próprias palavras:

(...) the statistical nature of ant interaction demands that there be a critical mass of ants for the colony to make intelligent assessments of its global state. (...) if we only studied individual ants in isolation, we'd have no way of knowing that those chemical secretions were part of an overall effort to create a mass distribution line, carrying comparatively huge quantities of food back to the nest. It's only by observing the entire system at work that the global behavior becomes apparent.

Tradução livre do autor:

(...) a natureza estatística das interações entre formigas exige que haja uma massa crítica de formigas para que a colônia possa fazer observações inteligentes sobre seu estado global. (...) se nós estudarmos somente formigas individuais em isolamento, não teríamos como saber que aquelas secreções químicas fazem parte de um esforço conjunto de criar um sistema de distribuição em massa, comparativamente transportando imensas quantidades de comida para o formigueiro. É somente por observação do funcionamento do sistema por inteiro que comportamentos globais se tornam aparentes.

De forma similar é possível inferir que diversas características emergentes de conglomerados humanos estão fora da percepção dos indivíduos envolvidos. A atenção aos impactos em outras formas de vida se tornou recentemente uma preocupação humana.

Voltando ao exemplo dos vaga-lumes, se em um campo há uma quantidade mínima de vaga-lumes na qual eles gerem uma rede de comunicação, é possível que todos tendam a piscar

ao mesmo tempo. A característica deste exemplo seria, “conjunto que pisca simultaneamente”. Caso um indivíduo seja observado pelo sistema, no entanto, não seja observável por outro indivíduo, ele também faz parte do sistema.



Figura 7: *Timelapse* de Fireflies com a duração de 12 segundos produzido pelo autor

A imagem acima é um *timelapse* —captura de imagens em intervalos de tempo equidistante, neste caso, uma captura a cada 0,8 segundo— do sistema no qual é possível observar os indivíduos que nos primeiros quadros piscam individualmente, tendendo à um equilíbrio no qual todos piscam ao mesmo tempo.

A apresentação ou ausência de tal característica pode ser direcionadas pela presença ou ausência de fatores externos. Isso se dá pois uma característica depende de comportamentos e estímulos subjacentes.

#### 4.4. Fatores Externos ao Sistema

Um fator externo é um efeito temporário ou duradouro global que pode enfatizar uma determinada característica em um sistema levando ele a um ponto de equilíbrio. Fatores externos são desenhados com metodologias de baixo para cima (*bottom-up*) ou de cima para baixo (*top-down*).

Mundos generativos são ótimos exemplos de como fatores externos podem ser modelados para estudar a apresentação ou ausência de características em sistemas de indivíduos. Um mundo generativo é um ambiente gerado por meio de uma fonte aleatória no qual um sistema se instala, sendo um exemplo de sistema de mundo generativo o jogo Sim City (1989). No jogo a representação do estado do jogo se dá por meio de indicadores pois o jogo não é representado visualmente de forma direta. Diferente de um jogo de bonecos em que a representação do estado do sistema é direta, neste jogo esta informação é veiculada por meio do ambiente no qual os agentes interagem. Não só isso, como os ajustes pretendidos são feitos sobre incentivos e estímulos ao sistema, mas não permeiam diretamente à entidade. São as entidades que desenvolvem o jogo, não o jogador.



Figura 8: *Sim City* (1989), imagem do jogo retirado de <http://www.formiculture.com/topic/3455-byformica-celebrates-21-years-in-business-new-revolutionary-formicarium-release-imminent/>

Igualmente, um mundo generativo pode ser simplesmente uma escolha generativa aleatória que influenciará um sistema ao longo de seu desenvolvimento. Um exemplo disto são as máquinas universais cujo macro-comportamento está codificado em seu estado inicial. Máquinas universais são sistemas que conseguem emular o comportamento de outros sistemas baseado em seu estado inicial. Pode ser entendido tanto que a população altera o fenótipo, bem como que o ambiente determina a representação desta.

Dentre referências de comportamentos aplicados em jogos nas inteligências artificiais, estão as bolas de meleca de *World of Goo* (2008). Estes agentes estão com o interesse único de se movimentar dentro de uma rede e se dispor de deriva. É possível interpretar que suas ações e movimentos só apresentam significado quando um jogador as significa. Eles são como as gotas de água de uma torneira, é possível argumentar que o interesse delas é ir para o ralo, mas este interesse foi criado por quem abre o registro.

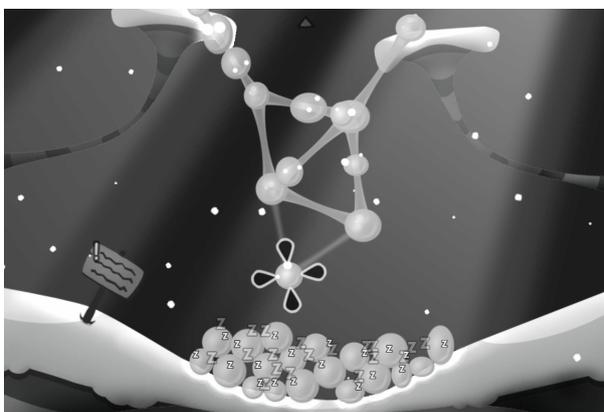


Figura 9: *World of Goo* (2008), imagem do jogo retirado do aplicativo

Por outro lado, em uma experiência interativa chamada *Mountain* explica o conceito de controle pela falta dele. É costumeiro ter a expectativa de controle direto de um sistema interativo; este jogo quebra esta lógica. Ao entrar nas funcionalidades, dentro da sessão de controles, está enunciado: *Controls: Nothing*. Um jogo é geralmente caracterizado por uma relação de causa e benefício entre os estímulos prestados. Muitos jogos apresentam meios nos quais o jogador possa explorar mais e mais por meio de enigmas com respostas marcadas. *Mountain*, por outro lado deixa a significância daquela experiência na mão do jogador. Seu mundo generativo é sempre único, igualmente é o que o jogador vai depreender dele.

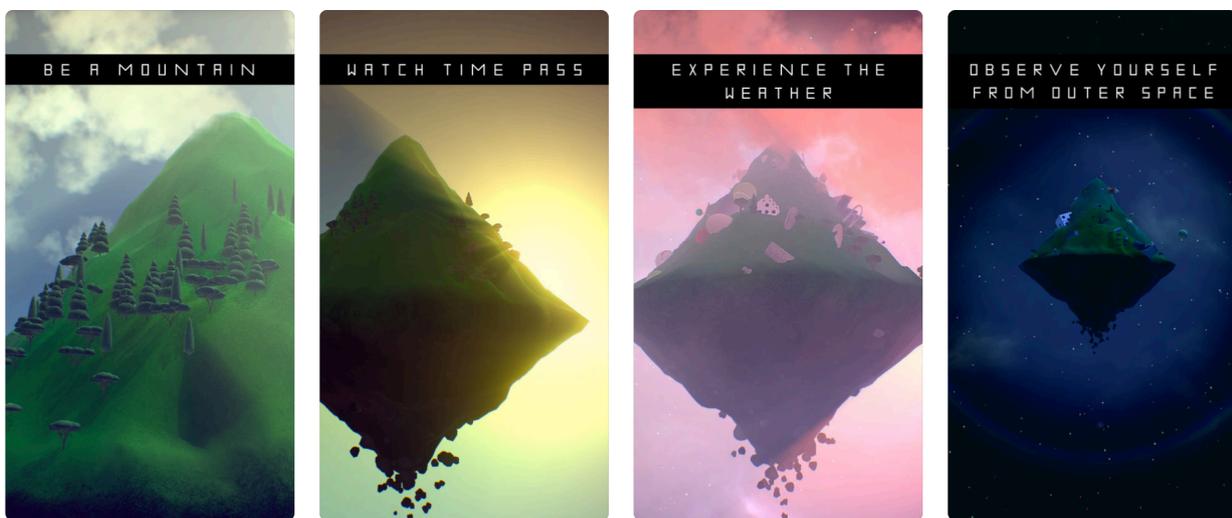


Figura 10: *Mountain*, imagens promocionais capturadas do jogo retirada da web <http://mountain-game.com>

No mesmo exemplo dos vaga-lumes, um LED piscando num ritmo similar ao dos indivíduos pode ser utilizado para influenciar a fase e o ritmo conjunto ajustando ou impedindo a emergência de uma característica. Da mesma forma, é possível pressionar um indivíduo neste sistema reatribuindo seu metrônomo e ajustando os demais indivíduos no campo de influência.

#### 4.5. Equilíbrio do Sistema

É um alinhamento de fatores que leva à manutenção de características do sistema. Um sistema que atinge este estado possui comportamentos que reforçam características de forma a manter estas resilientes à fatores externos. Isso se levarmos em conta que nem todos os fatores externos podem ser superadas por um sistema homeostático.

Um exemplo de sistema de equilíbrio é a vida, não pois a vida é uma máquina de rotação perpétua, mas pois esta apresenta um sistema de expansão e retração cíclica que é característico de sua saúde. Um exemplo de jogo que retrata isso é o *Rymdkapsel* (figura 11) onde os agentes de uma colônia, muito semelhante à formigas, podem apresentar um comportamento de regeneração cíclico. Este sistema parece estável por muitas rodadas, até que o próprio jogo força o sistema para fora de equilíbrio numa série de eventos de falha em cadeia. Similarmente como acontece em seres vivos.

Um exemplo disso em *Fireflies* é como uma população de vaga-lumes incapaz de gerar a característica de pulsar ao mesmo tempo, por estar sob a influência de estímulos externos, é capaz de retomar o equilíbrio quando esta influência cessa.

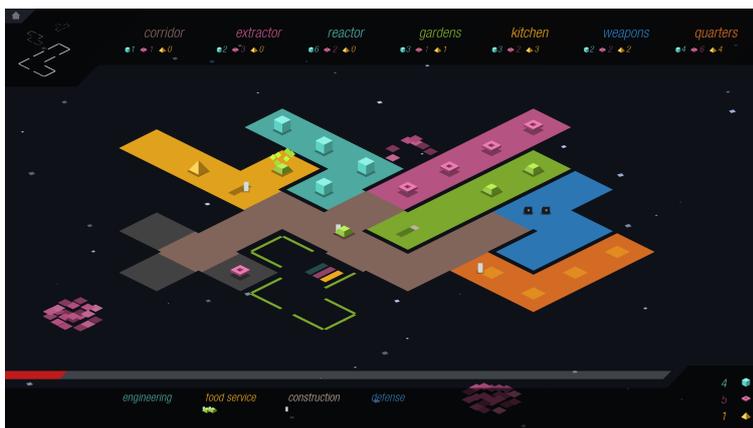


Figura 11: *Rymdkapsel*, cena de início do jogo retirada do aplicativo pelo autor

## 5. Construção da Experiência

Para a construção da experiência foi escolhida a combinação das ferramentas AR Kit, Scene Kit e Gameplay Kit da Apple. Estas ferramentas pareciam ao começo muito promissoras, no entanto, limitações técnicas tanto da tecnologia, das ferramentas e da equipe de desenvolvimento se provaram limitantes sérios na concretização do projeto.

A primeira, AR Kit, é uma solução que busca transformar realidade aumentada em uma tarefa trivial. O que é entregue é uma série de ferramentas com as quais é possível ancorar representações visuais ao ambiente capturado por meio de uma câmera. A escolha desta foi inspirada pelo apelo educacional e instrucional associado à realidade aumentada.

A segunda solução, Scene Kit, é o complemento da primeira. Sendo um motor de jogos e interface 3D capaz de se integrar perfeitamente ao AR Kit. Suas capacidades são a renderização de média qualidade de modelos 3D e iluminação e simulação física básica.

Já a terceira solução, Gameplay Kit, é esta que trouxe o maior interesse desta pesquisa. Esta é uma ferramenta desenhada para modelar experiências de jogos, possuindo componentes responsáveis por gerar aleatoriedade, agentes estratégicos e comportamentos físicos. A escolha se dá por ela possuir uma interface simplificada de definição de objetivos para agentes independentes.

Usando as tecnologias supracitadas, foi proposto a criação de um sistema no qual seja possível modelar comportamentos e estímulos com o objetivo de reproduzir as questões de segregação e ascensão social. Este apresentaria o desenvolvimento demográfico se assemelhasse aos da figura 1. E que tal sistema, sobre a influência de fatores externos, ficasse preso num limbo de desenvolvimento como o da figura 2. Esta bifurcação pode ser vista na figura 12.

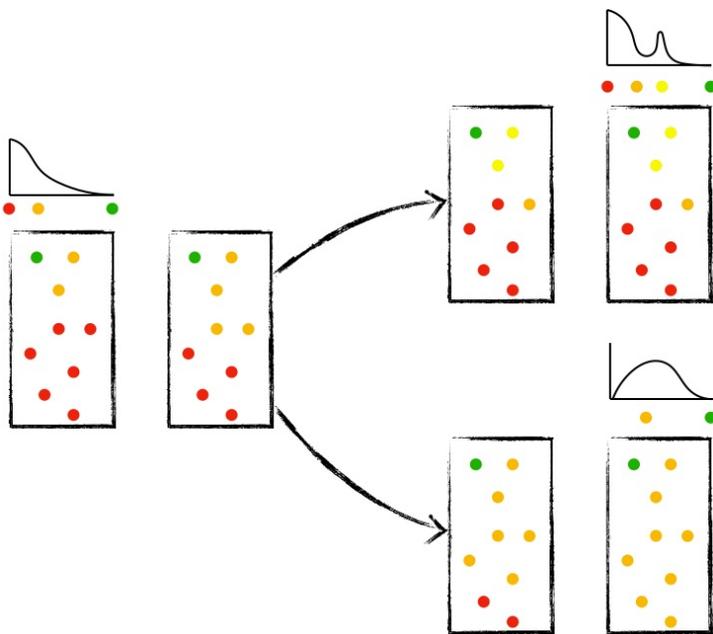


Figura 12: Exemplo de evolução demográfica bifurcada do sistema produzido pelo autor

O primeiro conceito foi o de uma ampola tridimensional como um tubo de ensaio. Neste seriam postos diversos agentes que interagiriam entre si mudando sua natureza e a dos outros. As interações se dariam por meio do contato entre duas representações físicas. Este seria o momento propício para uma troca.

A ideia é testar como a codificação de características por meio de massa e volume em um sistema com gravidade fariam com que os agentes se segregassem espacialmente. E, por conseguinte, observar como o gradiente visual se apresentaria.

Um exemplo de codificação seria testar a possibilidade de mobilidade social em meio à um gradiente de comportamentos. Se todos os agentes tivessem um componente de status social associado à sua massa seria possível modelar como interações entre diferentes gradientes sociais gerariam efeitos a longo prazo neste sistema fictício.

Para isso foram modeladas um conjunto de regras nas quais interações entre agentes de status próximo gerariam um efeito de transferência sem perda. Por sua vez, interações entre agentes de status díspares geraria um prejuízo à ambos. Caso um agente atingisse um valor mínimo de status, este seria removido do sistema.

Depois de poucas tentativas foi possível observar que mínimas alterações nas margens de interação entre estes agentes poderiam tendenciar um sistema ao colapso por mortalidade ou por empobrecimento.

Um sistema interessante foi este no qual a baixa tolerância dos agentes à gradientes de status levou o sistema à um empobrecimento generalizado seguido de um enriquecimento gradativo conjunto. Em outros sistemas, com maior tolerância à diversidade, todos os agentes se beneficiavam conjuntamente.

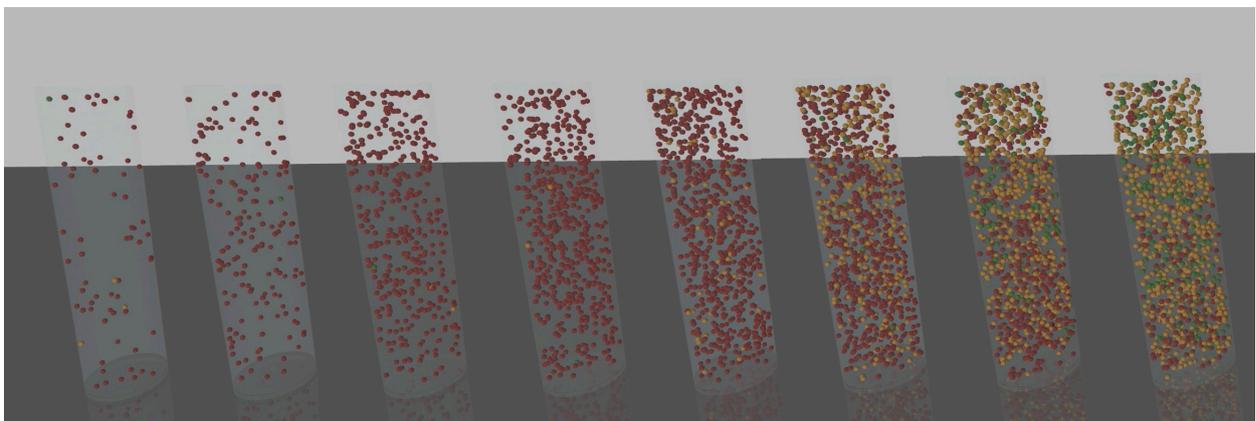


Figura 13: Sistema no qual a passagem do tempo levou a evolução conjunta da população produzido pelo autor

Progresso de um sistema no qual a quantidade populacional foi elevada ao extremo. População tende a se beneficiar conjuntamente. O objetivo era encontrar um ponto onde fosse possível demonstrar que a inserção de uma conjunto de indivíduos de status médio seria o suficiente para fazer com que o sistema falhasse sua evolução natural e entrasse num equilíbrio.

Este experimento foi capaz de simular esta evolução natural, no entanto, a simulação não conseguia atingir uma grade massa crítica devido ao limite máximo de em torno 200 elementos. Isso pois a simulação acabaria perdendo sua resposta em tempo real. Este teto dificultava a simulação de um sistema de partículas representativo no qual certos elementos pudessem se segregar espacialmente.

Devido o custo computacional da primeira tentativa, uma segunda foi baseada em liberar os elementos em um espaço tridimensional infinito onde eles seriam coordenados por agência própria. Isto é, em vez de confinar elementos dentro de um espaço para os forçar a interagir, foi proposto conferir objetivos a cada um deles e confina-los à satisfação de seus objetivos. Além disso, desta vez foi proposto de que os elementos seriam repartidos em componentes de agência, forma física e ciclo de vida. Este último elemento os daria capacidade de reprodução com herança e morte.

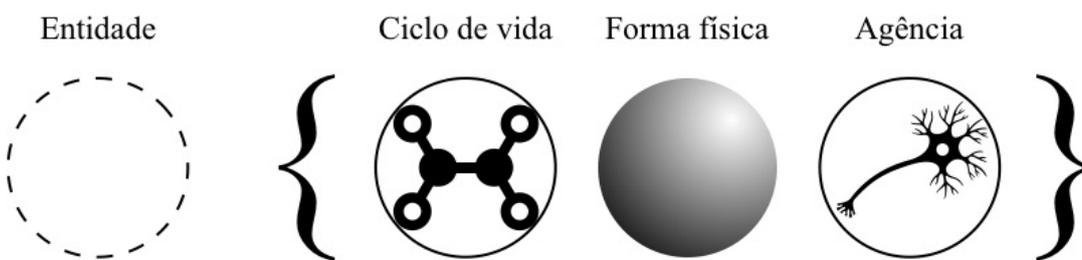


Figura 14: Componentização da entidade em diversos elementos produzido pelo autor

Primeiramente, em um ambiente tridimensional aberto, a possibilidade de interação entre agentes é mínima. Também por isso, manter o equilíbrio populacional se tornou um desafio levando em conta que os agentes não se reproduziam em uma taxa satisfatória.

Adicionando ao exposto, a falta de experiência com as ferramentas de desenho de objetivos impossibilitou a criação de um sistema de comportamentos no qual qualquer característica emergisse.



Figura 15: Exemplo de agentes (esferas menores) flutuando no espaço tridimensional sendo atraídos pelos pivôs (esferas grandes brancas) capturado pelo autor

## 6. Considerações finais sobre experiência

A primeira crítica ao projeto é que o tempo gasto no desenho de uma solução não foi o suficiente. Enquanto diversos conceitos foram formalizados, pouca da narrativa criada ficou clara no projeto final. É importante que mais da experiência de usuário seja levada em conta para que as intenções e conceitos fiquem claros para qualquer usuário. E esta é a maior diferença entre este trabalho e os projetos pesquisados.

Não obstante este trabalho é pesquisa incipiente cuja temática central está distante do que é tratado durante o curso. Em conjunto a isto, o auxílio de ferramentas pré-prontas e a experiência técnica de quem desenvolve estão ainda se adaptando à este tipo de expressão. Muito da grande brecha entre conceitos e objetivos foi fechada ao longo desta exploração.

Nas primeiras iterações do modelo proposto ficou claro que usar um sistema de colisões simplesmente faria do produto inutilizável. E foi isto que abriu espaço para o desenvolvimento da agência e seu subsequente desvio para algoritmos genéticos.

Apesar das referências levantadas possuírem o apelo conceitual correto para o proposto, o levantamento técnico foi insuficiente. Ferramentas como Cinder, devidamente apropriadas para o desenvolvimento de tal pesquisa, exigem um profundo conhecimento e treino para o desenvolvimento. Nela foram feitas experiências de sistema como a Boil Up (2013) de Robert Hodgin. Nestas experiência é possível ver a profundidade na qual um trabalho pode tomar. Igualmente é possível ver muitos dos obstáculos futuros deste trabalho.



Figura 16: Exemplo de sistema de cardume em *Boil Up*  
retirado da web <http://roberthodgin.com/portfolio/work/boil-up/>

Neste trabalho foi modelada uma solução que é possivelmente inviável. Isso pois a expectativa de modelar sistemas sociais ainda não foi concretizada. Apesar de ser demonstrado e argumentado por diversos autores que sistemas complexos podem emergir de premissas simples, isso ainda não foi aplicado com sucesso em sistemas sociais cujas dinâmicas tem como premissa a complexidade.

Sistemas mais sucintos como *The Game of Life* (1970) de John Conway exemplificarem como modelar este tipo de sistema de forma mais objetiva. Não obstante, esta abordagem é de força bruta levando em conta de que os comportamentos modelados não apresentam codificação tangível da perspectiva social.

A sugestão final seria tentar fechar a brecha entre o conceito e a representação interativa por meio de narrativa em vez de simulação. Desta forma, as representações interativas seriam guiadas por um objetivo didático.

Por outro lado, caso o caminho seja o desenvolvimento de simulações, construir uma solução de forma paulatina e auto-suficiente. Isto, principalmente pois sistemas emergentes são distintivamente estocásticos e raramente podem ser modelados com assertividade.

## 7. Referências Bibliográficas

JOHNSON, Steven. Emergence, the connected lives os ants, brains, cities and software. 1ª ed. New York: Scribner, 2001, p. 84.

WOLFRAM, Stephen. A New Kind of Science. 1ª ed. Illinois: Wolfram Media, 2002, p. 40.

## 8. Referências Web

Fireflies por Nicky Case, <http://ncase.me/fireflies>

Romeo and Juliet in Kigali | Hidden Brain / NPR, <https://www.npr.org/2018/04/16/602872309/romeo-juliet-in-kigali-how-a-soap-opera-sought-to-change-behavior-in-rwanda>

Ervin Staub, <http://www.ervinstaub.com>

Boil Up (2013) <http://roberthodgin.com/portfolio/work/boil-up/>

Game of Life (1970), John Conway

## 9. Referências de Software

AR Kit <https://developer.apple.com/arkit/>

Scene Kit <https://developer.apple.com/scenekit/>

Gameplay Kit <https://developer.apple.com/documentation/gameplaykit>

Processing <https://processing.org>

Cinder <https://www.libcinder.org>

Rymdkapsel (2013) <https://rymdkapsel.com>

Mountain (2014) <http://mountain-game.com>

World of Goo (2008) <https://2dboy.com>

Frost (2017) <http://frost-game.com>