



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARTE
RONALDO RIBEIRO DA SILVA

**Tecno_Bioma: um experimento poético em *gamearte*, arte
tecnológica e territórios digitais**

BRASÍLIA-DF
2019

RONALDO RIBEIRO DA SILVA

**Tecno_Bioma: um experimento poético em *gamearte*, arte
tecnológica e territórios digitais**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arte da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Arte.

Área de Concentração: Arte.

Linha de Pesquisa: Arte e Tecnologia.

Orientadora: Profa. Dra. Fátima Aparecida dos Santos.

BRASÍLIA (DF)

2019

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar saúde e muita força para superar todas as dificuldades.

Aos meus pais e minha irmã, por todo o amor que me deram, além da educação, ensinamentos e apoio.

A esta faculdade e todo seu corpo docente, além da direção e administração que me proporcionaram as condições necessárias para que eu alcançasse meus objetivos.

À minha orientadora Fátima Santos, por todo o tempo que dedicou a me ajudar durante o processo de realização deste trabalho.

Ao meu colaborador de programação Júlio César Rodrigues Stohler que tem me ajudado imensamente com os algoritmos da pesquisa.

E enfim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, seja de forma direta ou indireta, fica registrado aqui, o meu muito obrigado!

RESUMO

Na presente tese, dá-se prosseguimento à pesquisa realizada no Mestrado, na qual foram relacionados estudos envolvendo a vida artificial e os jogos eletrônicos. Pretende-se a partir do jogo já desenvolvido, no qual um grupo de vidas artificiais interagem no mesmo ambiente, numa relação de interdependência denominada de “Eco_Artificial”, criar outros ecossistemas artificiais similares para gerar um bioma artificial em formato de um MMO (*Massive Multiplayer Online game*). Portanto, o problema desta pesquisa é a criação de diversos ecossistemas artificiais, o seu modo de integração, a construção dos processos de interação entre si e com os interagentes ao longo de um intervalo de tempo não predefinido, compartilhado e dependente da ação do usuário. O objetivo geral é verificar os efeitos oriundos da reunião de vários ecossistemas artificiais em um mesmo *gamearte* em relação ao tempo compartilhado com os interagentes neste ambiente e que tipo de consequências emergentes surgem destas interações. Os objetivos específicos são: criar um ambiente multiusuário no qual o fluxo do tempo seja um elemento emergente dos processos de interação; provocar crescimento do bioma artificial, observando a sua modificação e o desenvolvimento. Nesta tese, o conceito de “bioma” será de grande importância para a formação dos outros ecossistemas artificiais e será explorado à luz da definição fornecida pelo ecólogo Eugene Odum. Tais ecossistemas terão semelhanças em relação ao funcionamento dos ecossistemas; mas, como ecossistemas do mesmo bioma, eles terão também suas particularidades quanto à forma e ao desenho do ambiente virtual a que pertencerem. Elegem-se os seguintes referenciais teóricos: James Gleick e Ilya Prigogine; os autores investigam a condição do tempo, a característica de reversibilidade, os atratores caóticos e os princípios de seta do tempo. Já em Humberto Maturana, fundamenta-se a busca pela compreensão do conceito de autopoiese e sistemas complexos. Benoit Mandrebolt, cuja pesquisa investiga sistemas fractais, tem sido útil na estruturação do trabalho prático-teórico da pesquisa. Richard Dawkins e Charles Darwin foram escolhidos em função da proposição das teorias da ecologia, neoevolução e evolução respectivamente. Por método, adota-se o desenvolvimento com base numa alternância entre reflexão teórica e a expressão dessa reflexão na produção de um jogo multiusuário. Ao final, conclui-se a Tese com a apresentação do jogo desenvolvido até a presente data e traça-se uma breve análise das suas implicações poéticas e teóricas.

Palavras-chave: *gamearte*. MMO. Bioma. Tempo. Ambiente.

ABSTRACT

In the present thesis, we continue the research carried out in the Master's degree in which studies related to artificial life and electronic games were related. It is intended from the already developed game, in which a group of artificial lives interact in the same environment, in an interdependence relation called "Eco_Artificial", to create other similar artificial ecosystems to generate an artificial biome in the form of an MMO (Massive Multiplayer Online game). Therefore, the problem of this research is the creation of several artificial ecosystems, their mode of integration, the construction of the processes of interaction among themselves and with the interactors over a non predefined time interval, shared and dependent on the action of the user. The general objective is to verify the effects of the meeting of several artificial ecosystems in the same gamearte in relation to the time shared with the interactors in this environment and what kind of emergent consequences arise from these interactions. The specific objectives are: to create a multiuser environment in which the time flow is an emergent element of the interaction processes; to provoke growth of the artificial biome, observing its modification and development. In this thesis, the concept of "bioma" will be of great importance for the formation of other artificial ecosystems and will be explored in the light of the definition provided by the ecologist Eugene Odum. Such ecosystems will have similarities to the functioning of ecosystems; but, as ecosystems of the same biome, they will also have their peculiarities, such as the form and the design of the virtual environment to which they belong. The following theoretical references were elected: James Gleick and Ilya Prigogine; the authors investigate the condition of the time, the characteristic of reversibility, the chaotic attractors and principles of time arrow. In Humberto Maturana, the search is based on understanding the concept of autopoiesis and complex systems. Benoit Mandrebolt, whose research investigates on fractal systems, has been useful in structuring the practical-theoretical work of research. Richard Dawkins and Charles Darwin were chosen in function of the proposition of theories of ecology, neoevolution and evolution respectively. As a method, the development is based on an alternation between theoretical reflection and the expression of this reflection in the production of a multiuser game. At the end, the Thesis is concluded with the presentation of the game developed until the present date and it is outlined a brief analysis of its poetical and theoretical implications.

Keywords: gameart. MMO. Ecosystem. Biome. Time. Environment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Eco_Artificial: o <i>gamearte</i> do projeto anterior	12
Figura 2 – George Gessert, que em 1993 escreveu o texto intitulado “ <i>Notes of genetic art</i> ”. Nesse momento, Gessert restringiu a história da bioarte à “arte genética”, cuja hegemonia era predominante na época	17
Figuras 3 e 4 – Telas do projeto atual Tecno_Bioma. De cima para baixo: menu e um dos ambientes do <i>gamearte</i>	23
Figura 5 – Tela de um dos ecossistemas artificiais.	24
Figura 6 – Diagrama da hierarquia entre bioma e ecossistemas	26
Figura 7 – Atrator de Lorenz.....	30
Figura 8 – Gráfico de um atrator caótico	31
Figura 9 – Vórtices produzidos na ponta da asa de um avião agrícola	31
Figura 10 – A Grande Mancha Vermelha	32
Figura 11 – Pólipo de coral	33
Figura 12 – Morro Santa Marta, em Botafogo, na Zona Sul do Rio	33
Figura 13 – <i>Fractal tree</i>	46
Figura 14 – Triângulo de Sierpinski.....	47
Figura 15 – Bacia do Amazonas.....	48
Figura 16 – Relâmpago	48
Figura 17 – Angiografia dos rins.	49
Figura 18 – Curva de Koch	50
Figura 19 – Região montanhosa construída com o uso de sistema fractal.....	51
Figura 20 – Cubo de Metatron.....	53
Figura 21 – Flor da Vida	53
Figura 22 – Cubo de Metatron 3D.....	54
Figura 23 – <i>Menu</i> atual do Tecno_Bioma.....	55
Figura 24 – Cubo de Rubik	56

Figura 25 – Cubo de Metatron.....	57
Figura 26 – Flor da Vida	58
Figuras 27 e 28 – Flor da Vida e biombo chinês	59
Figura 29 e 30 – Completando os círculos faltantes e o Fruto da Vida	59
Figura 31 – Cubo de Metatron.....	60
Figura 32 – Cubo de Metatron visto de um ângulo mais tridimensional	61
Figura 33 – Diagrama esquemático da estrutura do <i>gamearte</i> Tecno_Bioma, com base na metáfora do Cubo de Metatron.....	63
Figura 34 – As sombras coloridas.....	65
Figura 35 – Pólipos e simbioses assumindo formas diferentes a cada vez que se reproduzem	69
Figura 36 – Variabilidade de forma das vidas artificiais	71
Figura 37 – Algoritmos de duplicação e modificação morfológico em execução no <i>Unity 3D</i>	72
Figura 38 – Imagem do simbiote.....	74
Figura 39 – Fluxograma de funcionamento de um algoritmo genético	76
Figura 40 – Variáveis relacionadas aos simbioses.....	79
Figura 41 – Variáveis relacionadas aos pólipos digitais.....	80
Figura 42 – Indivíduos artificiais em ação dentro de Tecno_Bioma	83
Figura 43 – Método de seleção por roleta	85
Figura 44 – Algoritmo básico do método de seleção por roleta	85
Figura 45 – Algoritmo básico do método de seleção por torneio	86
Figura 46 – Cruzamento em um ponto.....	88
Figura 47 – Cruzamento de dois pontos.....	89
Figura 48 – Mutação Simples.....	90
Figura 49 – Criatura criada por Eaclou.....	94
Figura 50 – FRAMSTICKS por Maciej Komosinski e Szymon Ulatowski).....	95

Figura 51 – Mutator por Latham e Todd	96
Figura 52 – CHANNEL #18 (Imagem criada por Mattatz)	97
Figura 53 – Tentativa de outras formas para o pólipó digital	98
Figura 54 – Cubo e tetraedro em suas posições padrão.....	98
Figura 55 – Projeto “Fábrica de Humanos”, da esquerda para a direita, instância padrão e instância de forma de etnia.....	99
Figura 56 – <i>Sliders</i> das instâncias de forma da figura anterior (captura de tela)100	
Figura 57 – Possíveis combinações das instâncias de forma apresentadas na figura anterior	101
Figura 58 – Propriedades de <i>morph target</i> no <i>Unity 3D</i>	102
Figura 59 – Instâncias de forma do pólipó.....	103
Figura 60 – Possíveis formas do pólipó digital com base em instâncias de forma	103
Figura 61 – Instâncias de forma do simbiote sendo o primeiro a forma padrão	104
Figura 62 – Possíveis formas dos simbiotes com base em instâncias de forma	104
Figura 63 – Diagrama envolvendo todas as vidas artificiais do jogo.	120

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1 CONCEITOS-CHAVE: APRESENTAÇÃO, ABORDAGEM E APROXIMAÇÕES TÉORICAS	14
1.1 Bioarte, arte transgênica e arte genética	14
1.2 Conceitos ecológicos explorados na concepção poética	19
1.3 A relação interação, informação e ambiente	24
1.4 O tempo: desdobramentos biológicos e físicos para a concepção do bioma artificial	26
1.4.1 O tempo perceptivo	34
1.4.2 Tempo simbólico	37
1.4.3 Seta do tempo	38
2 O JOGO (CONSTRUÇÃO POÉTICA)	44
2.1 A autossimilaridade e o Cubo de Metatron	44
2.2 A metáfora visual do Tecno_Bioma	55
2.3 Evolução, tempo, interação e complexidade no Tecno_Bioma	62
3 EVOLUÇÃO COMPUTACIONAL	68
3.1 Definição	68
3.2 Algoritmos genéticos	73
3.3 População	77
3.4 Indivíduos	81
3.5 Avaliação de aptidão	83
3.6 Seleção	84
3.7 Operadores genéticos	87
3.8 Cruzamento (<i>Crossover</i>)	88
3.9 Mutação	89

3.10 Geração	91
4 IMPACTOS DO INTERAGENTE NO BIOMA ARTIFICIAL	92
4.1 O interagente e o contexto de sua interação com as vidas artificiais nos ecossistemas digitais do <i>gamearte</i>	92
4.2 Modificação das vidas artificiais de Tecno_Bioma para um algoritmo mais evolutivo	93
4.3 Ações modificadoras do interagente dentro do contexto do Tecno_Bioma	104
4.4 Relações entre os interagentes presentes dentro dos ecossistemas digitais	106
4.5 Percepção de tempo local do interagente dentro de Tecno_Bioma e qual o seu impacto para o <i>gamearte</i>	107
4.6 Como ocorrerão as modificações permanentes sofridas por Tecno_Bioma devido à ação dos interagentes	109
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	111
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
Links visitados.....	118
ANEXOS.....	120
Link do <i>gamearte</i>	120
Diagrama geral do jogo	120
Algoritmos Principais usados no Gamearte	120

INTRODUÇÃO

A presente tese tem como objeto de estudo o desenvolvimento de um *gamearte*. O conceito de *gamearte* usado na pesquisa é o citado na pesquisa anterior, pesquisa esta que será citada também mais a frente, na qual o *gamearte* é descrito como um ambiente de experimentação virtual no qual é possível a exploração de toda sorte de questões pertinentes ao campo da arte, o que torna o ambiente do *gamearte* uma forma de expressão artística.

Por ser um ambiente simulado, é possível criar diversos tipos de experimentos artísticos e inserir outras linguagens em seu cerne. O *gamearte* diferencia-se dos jogos comerciais devido ao seu caráter de contestação, tanto em sua visualidade quanto no seu funcionamento (*gameplay*) (SILVA, 2014, p. 73). Ao ser possível o uso de outras linguagens aliadas ao ambiente de *gamearte*, torna-se viável o uso de elementos empíricos amalgamadas a poética no desenvolvimento da pesquisa de *gamearte*.

Portanto, trata-se de uma investigação desenvolvida a partir de questões surgidas de uma experimentação empírica e poética. Neste sentido, busca-se dar prosseguimento à pesquisa "Eco_Artificial", realizada durante o Mestrado na linha de pesquisa em Arte e Tecnologia, no Programa de Pós-Graduação em Arte da Universidade de Brasília, defendida em 05 de março 2014. Nesta etapa, tem-se como objetivo aprofundar a discussão sobre processos de interação, especificamente no que tange à relação entre tempo-espço. Busca-se a compreensão dos modos de imersão, bem como a percepção do usuário diante das reações dos sistemas criados à sua presença. Além disso, o jogo é uma oportunidade para explorar esteticamente conceitos oriundos da física quântica, das ciências biológicas, dos sistemas fractais e da teoria da evolução. A principal hipótese de investigação é a de que a partir das relações entre diferentes ecossistemas artificiais é possível alcançar uma configuração de bioma artificial, o que torna o *gamearte* original em diversos aspectos como a mescla de conceitos entre vida artificial e o ambiente de jogos criando um espaço interessante para diversas investigações, usar os conceitos de ecologia para criar sistemas simbólicos que demonstrem de forma poética a natureza desses conceitos. Entende-se que o bioma, conforme sua definição no campo da biologia:

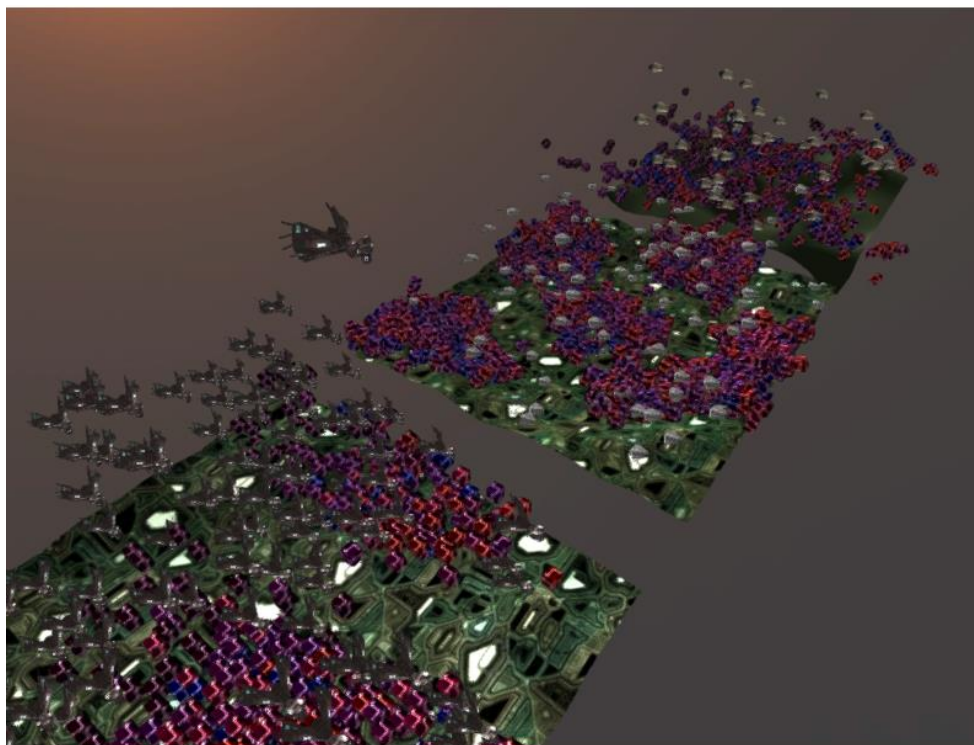
é a unidade de comunidade terrestre mais ampla que convém reconhecer. Num dado bioma, a forma de vida da vegetação, do clímax climático é uniforme. Assim, a vegetação-clímax de um bioma de pradaria é a erva, embora as espécies de ervas dominantes possam variar em partes diferentes do bioma. Uma vez que a forma de vida da vegetação reflete, por um lado, os traços principais do clima, por outro, determina a natureza estrutural do *habitat* para os animais, proporciona uma base sólida para uma classificação ecológica natural (ODUM, 2006, p. 606).

Por outro lado, quando se propõe um bioma artificial, propõe-se a construção intencional de uma poética com base na similaridade, tanto da composição em si quanto do tipo de operação necessária para a proposição de vários ecossistemas que atuem como bioma. Reside exatamente aí a complexidade da proposta desenvolvida nesta tese, já que o artista assume a posição de um cocriador, disposto a iniciar um jogo que espelha e explora possíveis relações entre mundos ficcionais interligados. Tais mundos, apesar da iniciativa do artista, disparam seus processos de existência, tempo e diferenciação a partir da presença do interator, transformando a posição de jogador e observador em um *input* informacional que alimenta a combinação sistêmica dos códigos os quais permitem a evolução da simulação das vidas artificiais no sistema.

A pesquisa anterior resultou na produção de um *gamearte*, no qual se determinou dois tipos de interação: vida artificial, vida artificial/vida artificial, e vida artificial/interagente. No nível vida artificial/vida artificial, as vidas artificiais não interagiram com o jogador ou o ser humano para que o ecossistema¹ digital se estabelecesse. No nível vida artificial/interagente, esteve presente a figura do interagente/jogador no ambiente. Ele interagia com os organismos digitais, ora interferindo nos processos de alimentação da comunidade artificial ora observando como as vidas artificiais interagem entre si. Portanto, na pesquisa anterior e nesta os conceitos de interagente e interator constituem pontos de grande relevância.

¹ **Ecossistema** (grego *oikos* (οἶκος), casa + *systema* (σύστημα), sistema: sistema onde se vive), designa o conjunto formado por todas as comunidades que vivem e interagem em determinada região e pelos fatores abióticos que atuam sobre essas comunidades.

Figura 1 – Eco_Artificial: o *gamearte* do projeto anterior



Fonte: Ronaldo (2015)

Na figura 1, observa-se uma tela do *gamearte* Eco_Artificial gerada após um longo período de interação. A vista superior permite observar três espécies de ilha na cor verde, cobertas parcialmente por cubos rosas e azuis, denominados de pólipos e que de certa forma alimentavam os seres digitais numa espécie de relação simbiótica. Cada um dos elementos, seres e pólipos, alteravam comportamento e visualidade a partir do processo de encontro, definido como simbiose, na Dissertação de Mestrado.

Na presente pesquisa, foram criados ambientes mais complexos, que possibilitam diversificar as relações entre o interagente e o *gamearte*. Em relação às vidas artificiais, buscou-se deixar o interagente interferir de modo mais explícito com o ambiente virtual, conforme será demonstrado ao longo do texto.

Para melhor organização, a tese está dividida em quatro capítulos, além da introdução e as considerações finais. As ponderações teóricas, bem como o estado da arte e a definição dos termos que subsidiaram a criação do *gamearte* foram apresentadas no capítulo 1. Nele, a questão primordial do tempo, desde o seu aspecto filosófico até a discussão promovida pela física na atualidade, é abordada com o intuito de alimentar o desenvolvimento das possibilidades de interação no *gamearte*. O capítulo 1 também traz a discussão sobre os conceitos biológicos

necessários para desenvolver o jogo, bem como conceitos ainda não muito estabelecidos no campo da arte, como o próprio termo “bioarte”. Assim, o objetivo aqui não foi o de esgotar as discussões ou produzir uma tese científica no campo da física ou da biologia, mas sim ancorar o processo poético e criativo em termos, códigos e comportamentos oriundos das áreas pesquisadas.

No capítulo 2, foi abordada a construção poética do jogo. Como se verá, inicialmente baseada na continuidade do *gamearte* Eco_Artificial, a poética foi ganhando vida a partir da construção de metáforas visuais, como o Cubo de Metraton e toda a concepção de biomas interligados fundamentados na possibilidade da passagem do tempo e da ação de interagentes.

No capítulo 3, aborda-se a evolução computacional, inicialmente de modo genérico, e depois a sua aplicação no desenvolvimento do *gamearte*. Aqui, são declarados conceitos como algoritmos e programação genérica, além de processos computacionais envolvendo mutação, geração, seleção e *Crossover*. Já no capítulo 4, apresenta-se finalmente o impacto do interagente no bioma artificial criado a partir das primeiras simulações e experiências.

Conclui-se o trabalho com a consciência de que o desenvolvimento idealizado pode ser mais bem aprimorado, mas que, de certa forma, o desenvolvimento desta tese avança na construção de inter-relações entre o fazer poético e criativo próprio da arte, o argumento e a metáfora, já explorados pela Arte e Tecnologia, e que podem vir das mais diferentes contribuições no campo da ciência.

1 CONCEITOS-CHAVE: APRESENTAÇÃO, ABORDAGEM E APROXIMAÇÕES TÉORICAS

Neste capítulo, será visto alguns conceitos importantes para o desenvolvimento da pesquisa. Os conceitos apresentados pertencem aos seguintes eixos: bioarte, ecologia, interação e tempo; tornando esses eixos as bases fundamentais nos quais a pesquisa se sustenta.

1.1 Bioarte, arte transgênica e arte genética

Enquanto estado da arte, exploraram-se conceitos como arte genética, arte transgênica e bioarte. As classificações no âmbito da arte-tecnologia têm variado de autor para autor, de momento para momento, apoiando-se em neologismos, aproximações semânticas ou mesmo numa relação de apropriação de termos oriundos de outras áreas de conhecimento, construídos por uma relação de semelhança ou de poética entre o fazer em um determinado campo de conhecimento e as criações no campo da arte. Entre os conceitos estudados, cumpre buscar o termo bioarte, porque, a princípio, todos os elementos desta tese ancoram-se numa relação entre modelos artificiais de vida com simulação de comportamento de seres vivos. A proposta aqui é a elaboração de uma história da bioarte que respeite a complexidade e a variedade das relações entre arte, biologia e tecnologia ao longo do tempo, dispensando atenção especialmente aos seguintes fatores considerados fundamentais na consolidação do interesse artístico pela biologia: os artistas, as obras, os desenvolvimentos tecnológicos, a formação de teorias, as exposições e os festivais.

Assim, o significado do termo “bioarte” varia sensivelmente dependendo dos autores que o utilizam, o que torna uma de suas características a flexibilidade. Em alguns casos, utiliza-se uma concepção muito ampla, que engloba todas as utilizações artísticas de material vivo. Em outros casos, a bioarte se converteu num termo equivalente ao de arte genética, excluindo, portanto, as contribuições de artistas os quais empregam técnicas procedentes de laboratório, como o cultivo celular ou de microorganismos.

Para Rincón (2015, p. 11), o termo “bioarte” aparece no início do século XXI para identificar genericamente um conjunto de práticas artísticas que relacionam arte, biologia e, muito frequentemente, tecnologia. Isso fez da bioarte um termo que reúne um grupo muito heterogêneo de práticas, cujos limites nem sempre são claros.

Já Jens Hauser, em um artigo intitulado “*Bioart – taxonomy of an etymological monster*”, disponível no *Ars Electronica Katalogartikel*, discute os entraves de tal definição. Para ele, a bioarte como termo surge na década de 90, havendo sofrido influência ou contaminação da popularização de termos ligados à biologia para áreas da cultura. Tal contágio ocorre principalmente a partir do início das pesquisas sobre o genoma humano. O autor cita a falácia da imitação ou da reprodução visual de fatores e comportamentos da natureza. Ele ainda opina que uma bioarte computacional legítima basear-se-ia no comportamento de códigos genéticos *versus* códigos computacionais, e não na criação apenas de simulação visual. Por fim, salienta que a definição em si não se consolida, pois ela acompanha a evolução dos artistas e as descobertas científicas e tecnológicas.

Quanto ao problema da indefinição e pluralidade de usos da bioarte, sobrepõe-se a ele também o da existência de outros termos, como “arte biotecnológica”, “arte genética” ou “arte transgênica”, que frequentemente são usados como sinônimo de “bioarte”, o que não preenche o seu significado estrito. Serve de exemplo que toda a arte transgênica é necessariamente genética, mas não em sentido inverso, e que, analogamente, toda intervenção genética forma parte da biotecnologia, mas não o contrário (HAUSER, 2005).

É necessário, portanto, esclarecer as relações que se estabelecem entre estes termos distintos e os significados que se associam a eles. Alguns autores os quais contribuíram para essa proposta de organização precisam ser mencionados antes de continuar.

Annick Bureau (2000, p.105) classificou diversos termos, do mais geral ao mais específico, e ela não se referia à bioarte, mas sim à “arte biológica”. Para a autora, o termo “*biological art*” alude às obras baseadas nas formas de vida num sentido mais amplo; “*biotechnological art*” remete ao uso artístico das tecnologias contemporâneas em biologia; “*genetic art*” já se refere ao uso do conhecimento

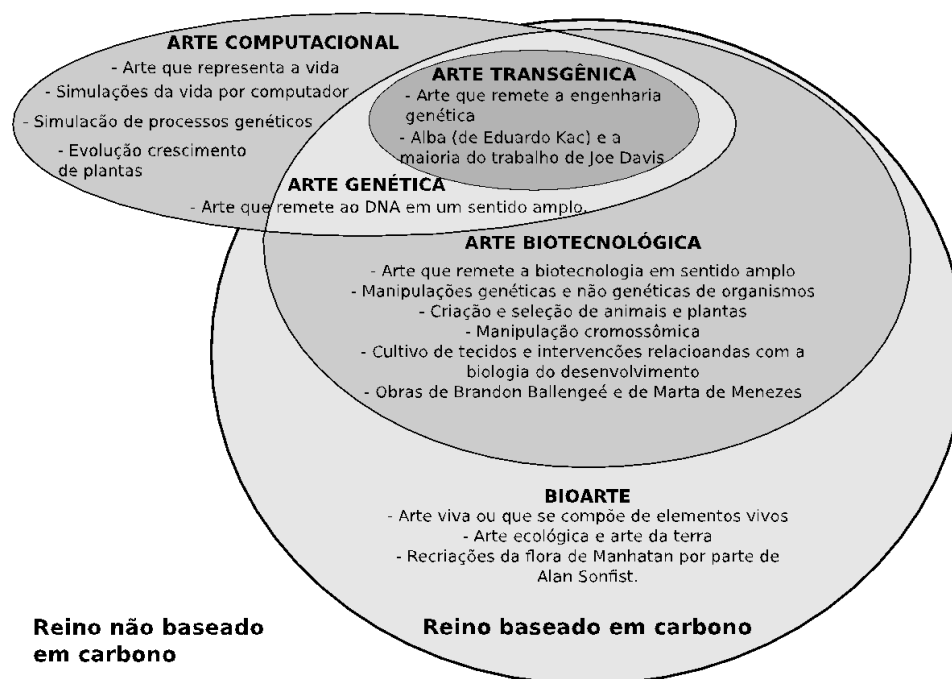
genético e do DNA para a criação de obras de arte e *transgenic art* diz respeito às práticas artísticas substanciais de transferências de informações genéticas de um corpo para o outro (BUREAUD, 2000).

George Gessert (*apud* RICON, 2015, p. 11) também propôs uma forma de organizar essa terminologia num debate na plataforma Yasmin² em 2006. Ele acrescenta um critério que caracterizava a proposta de Bureaud, o critério material, distinguindo o reino baseado em carbono (vida biológica), que pertenceria à bioarte, do reino não baseado em carbono (vida artificial computacional). A partir daqui, organizam-se os termos distintos que foram utilizados nesse contexto. Para ele, a bioarte remete à arte que se utiliza de elementos vivos, apresentando uma consideração ampla da bioarte, a qual abarcaria manifestações desde a arte da terra até a arte ecológica. A arte biotecnológica seria, portanto, uma parcela da arte ecológica, e o seu foco seria a manipulação de elementos vivos por meio da tecnologia, incluindo técnicas de cultivo e seleção, mas também clonagem, engenharia genética ou cultura de tecido. Para Gessert, a arte genética é um termo que alude tanto às manifestações que usam a genética como meio artístico quanto as manifestações informáticas, como a vida artificial computacional, que realiza simulações por computador com base no paradigma genético e que, segundo Gessert (*apud* RICON, 2015, p. 14), estariam fora dos limites da bioarte. O que as unifica é que a genética está implicada de uma forma ou de outra nas duas áreas, temática ou materialmente na obra, em alguns casos com material baseado em carbono e em outros não, como no caso da vida artificial computacional. A arte transgênica é aquela que modifica os organismos por meio de engenharia genética utilizando material vivo.

Pier Luigi Capucci (*apud* RICON, 2015, p. 12) elaborou um gráfico o qual mostra visualmente a classificação proposta por Gessert de acordo com a figura 2.

² Yasmin é uma rede de artistas, cientistas, coordenadores, teóricos e instituições que promove a comunicação e a colaboração entre arte, ciência e tecnologia na região mediterrânea. Disponível em: <http://www2.media.uoa.gr/yasmin/>.

Figura 2 – George Gessert, que em 1993 escreveu o texto intitulado “*Notes of genetic art*”. Nesse momento, Gessert restringiu a história da bioarte à “arte genética”, cuja hegemonia era predominante na época



Fonte: Ronaldo (2016)

Gessert seguiu, nos anos seguintes, elaborando o texto “*A history of art involving DNA*” em 1999, ampliado em 2010 ao incorporar artistas que começaram a trabalhar com o tema a partir desse período (GESSERT, 2010). A breve história da bioarte proposta por Gessert foi sofrendo alterações ao longo do tempo, entre 1993 e 2010, não só pelo acréscimo de outros artistas, como também por causa de fatos como, por exemplo, o caso do artista Joe Davis, que trabalha no âmbito da bioarte desde os anos 80 (op. cit., p. 8). Sua cronologia também inclui artistas que não trabalham com genética (David Kremers, Peter Hoffmann, Oron Catts e Ionat Zurr, entre outros) embora o título de seus textos continuem incluindo a referência à genética.

Um outro autor que também esboçou uma história da bioarte foi Robert Mitchell (MITCHELL, 2010, p. 35), em seu livro *Bioarte and the vitality of media*, no qual dedica um capítulo inteiro para as “três eras da bioarte vitalista”. O autor se

centra principalmente nos artistas que utilizaram a biologia como meio artístico, e não como tema, ou seja, isso é o que se chamaria de tendência biomedical.³

A proposta de Mitchell não é especialmente exaustiva em sua referência a artistas, mas se centra no estabelecimento das condições históricas que possibilitaram e condicionaram o desenvolvimento de cada etapa. Em sua cronologia, a primeira era da bioarte se iniciaria entre o final do século XIX e o começo do século XX, com o desenvolvimento industrial de plantas e animais; na bioarte, essa fase se materializa na obra de Edward Steichen. A segunda era começaria na década de 70, momento quando foram criadas novas técnicas de manipulação genética. Aqui, situam-se as propostas artísticas de autores, como Joe Davis e Eduardo Kac, pelo que a cronologia alcançaria até os princípios do século XXI. A terceira era, identificada por Mitchell como a atualidade, diz respeito à identidade entre bioarte e bioterrorismo, por ambos terem como material de laboratório o objeto das ações que são praticadas em cada área. A análise conjunta desses fatores tem permitido identificar quatro fases na história da bioarte, viabilizando as transformações experimentadas pelas relações entre arte, biologia e tecnologia ao longo dos séculos XX e XXI.

Esses elementos da bioarte estão sempre interagindo para gerar suas dinâmicas. Pode-se dizer que sem as interações dos elementos constantes em todas essas obras não haveria resultado emergente que as configurasse como arte nas diversas esferas que compreendem a bioarte. É possível afirmar que há aqui uma interação ecológica acontecendo entre os elementos que compõem uma bioarte e, quando analisados os parâmetros semelhantes entre todas essas obras até aqui apresentadas, incluindo as obras de vida artificial, no intuito de atribuir-lhes uma esfera específica dentro da bioarte, pode-se dizer que tal esfera pode também ser equiparada a um bioma dentro da bioarte. A exemplo disso, pode-se citar obras que pertencem à esfera da vida artificial. As análises realizadas das obras pertencentes a essa esfera, por terem características semelhantes, podem se equiparar às análises de comparação que biólogos fazem de ecossistemas

³ Rincon denomina essa tendência de biomedical com base nas reflexões de Jens Hauser a respeito dos termos “*biotopics*” (biologia como tema) e “*biomedia*” (biologia como meio). Assim, é estabelecida uma distinção entre os dois termos em seu discurso (HAUSER, 2008).

semelhantes, os quais são geralmente agrupados num tipo de categoria específica denominada de bioma.

Existem diversos fatores que contribuem para a formação de um bioma. O principal deles é a semelhança entre diversos ecossistemas os quais habitam uma mesma região. Este dado pode ser utilizado para a criação de diálogos e interações entre a vida artificial, o *gamearte* e o interagente.

Essas questões, no contexto computacional da bioarte, podem traduzir uma interação com as vidas artificiais do ponto de vista do próprio indivíduo, fornecendo ao interagente a opção de se tornar um dos entes que compõem o ecossistema. O contexto aqui, contudo, foi ampliado para o conceito supracitado de “bioma”.

1.2 Conceitos ecológicos explorados na concepção poética

Com intuito de compreender o termo na sua área de origem, adotou-se o livro *Fundamentos de ecologia*, do zoólogo e ecologista Eugene Odum. Odum nasceu nos EUA em 1913 e faleceu em 2002. Foi um dos pioneiros na difusão do conceito de ecologia, que havia sido proposto anteriormente por Ernst Haeckel em 1869. Odum, portanto, desenvolveu de forma didática os conceitos cunhados por Haeckel e por este motivo elege-se o seu trabalho como referência para os termos ecológicos abordados nesta tese.

Segundo ODUM, um bioma é a unidade de comunidade terrestre com maior amplitude a ser reconhecida (ODUM, 2006, p. 403). Num determinado bioma, existem determinados fatores: a vegetação de clímax climático, que reflete qual é o clima predominante no bioma; a vegetação de clímax edáfico, e as etapas de desenvolvimento do ecossistema, que em muitos casos são dominadas por outras formas de vida. Os fatores apresentados acima se constituem com base no consumo de energia e matéria orgânica dentro do ambiente físico no qual os ecossistemas que compõem o bioma se desenvolvem (ODUM op. cit.).

Vale lembrar que a noção de consumo de energia é também o fator predominante para a compreensão do funcionamento de sistemas e é índice para entender a relação entre sistema e informação. Portanto, o princípio cibernético

cunhado por Nobert Wiener (1993, p. 15), baseado na 2ª lei da termodinâmica, é também a chave para a compreensão do processo informacional em sistemas vivos. Cabe ressaltar ainda que o termo “cibernética” deriva do grego *kubernetes*, algo que Wiener (op. cit.) traduziu como piloto. Para ele, a cibernética seria o estudo das mensagens como meios de dirigir a maquinaria e a sociedade. Além dos processos entrópicos característicos de qualquer sistema, convém apontar que os sistemas vivos ganham complexidade, como descreveremos a seguir.

Nas etapas de desenvolvimento do ecossistema, existe uma sucessão de populações de espécies vegetais e animais, a qual compõe uma comunidade, que vai se alternando nos ambientes físicos dos ecossistemas até que estes alcancem um equilíbrio estável máximo. Este equilíbrio denomina-se de clímax. Dá-se a sequência de sucessões de comunidades nos ecossistemas o nome de “seres” e as comunidades relativamente transitórias participantes dessas sucessões são referidas como etapas ou “serais” (ODUM, 2006, p. 403). Esse processo culmina com a estabilização dos ecossistemas do bioma, ou seja, resulta num equilíbrio, determinado pela unidade corrente de energia a disposição, entre a biomassa máxima (ou elevado conteúdo de informação) e a simbiose entre os organismos.

No que diz respeito aos dois tipos de clímax supracitados, existem duas escolas quanto à interpretação deles: uma delas trabalha com o conceito de um monoclímax, que seria o clímax predominante em dado ambiente, e a outra reconhece um policlímax, conceito por meio do qual seria inviável assumir que todos os ambientes de uma mesma região climática tenderiam ao mesmo tipo de clímax, uma vez que cada ambiente dentro de uma dada região climática pode ser influenciado por diversos tipos fatores. Nesse caso, segundo Odum, uma maneira de equilibrar os dois pontos de vista citados é analisar o clímax de um ecossistema e estabelecer um clímax climático teórico e diversos clímax edáficos, variando de região para região, a fim de determinar, de maneira mais segura, o clímax de uma determinada região (ODUM, 2006, p. 424).

Esse conceito de sucessão ecológica e equilíbrio ambiental por meio de comunidades-clímax é importante em Tecno_Bioma, para que seja possível uma maior compreensão do tipo de ambiente que pode surgir ou que podemos sugerir nos ecossistemas digitais com a interação entre indivíduos do *gamearte* (vidas artificiais e interagentes).

O clímax climático é autoperpetuável e está em equilíbrio com o ambiente físico ao qual pertence, em contraste com os ambientes mais instáveis. Nesse tipo de clímax, não há acúmulo de matéria orgânica anual, pois, como nele o ambiente atingiu total equilíbrio, o fluxo de matéria e energia permanece numa quantidade constante ao longo de um ciclo anual; ou seja, há um equilíbrio constante entre o consumo de recursos por parte da fauna⁴ e flora⁵ do ambiente e a quantidade de recursos disponíveis para esse consumo. O clímax climático é uma comunidade teórica, para a qual tende toda a região em termos de sucessão ecológica, e acontece onde as condições de substrato não são extremas a ponto de interferir no clima local predominante. O mesmo não acontece com ambientes de clímax edáfico que são modificados por fatores locais do solo, pois ambientes que tendem a esse tipo de clímax passam por uma sucessão deles periodicamente.

Um clímax edáfico acontece quando a sucessão ecológica ocorre, mas dadas as condições locais do ambiente do ecossistema, o mesmo não consegue atingir a estabilidade necessária para alcançar o clímax climático, o qual seria o maior indício de estabilidade de um ecossistema estabelecido (ODUM, 2006, p. 423).

Esses dois tipos de clímax se sucedem periodicamente numa determinada região, com o clímax climático sendo uma tendência predominante numa dada região quando os fatores físicos e climáticos tendem à estabilidade e diversos clímax edáficos que surgem no ambiente quando perturbações geradas por fatores como a topografia, água, fogo, além de outras intempéries são tais que o clímax climático se torna inviável nesse momento. É nesse contexto que os ecossistemas se consolidam, desenvolvem-se e se mantêm de forma predominantemente estável com essas sucessões de clímax climático e diversos clímax edáficos.

Partindo desses dois conceitos, clímax climático e clímax edáfico, será facilitada a classificação dos tipos de comunidade emergente que podem advir das interações entre os entes de cada ecossistema digital de Tecno_Bioma. Com esses conceitos, é possível entender que qualidade de clímax está sendo alcançada nos ecossistemas digitais e o quanto eles são estáveis.

⁴ Presença animal no ambiente.

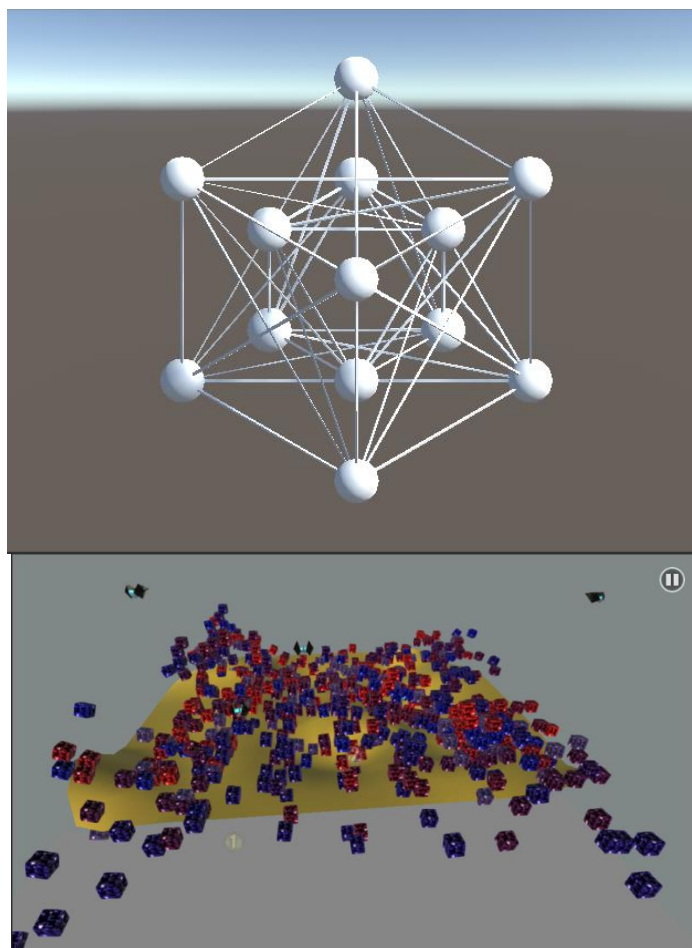
⁵ Presença vegetal no ambiente.

Para diversos ecologistas, o bioma é igual à vegetação mais predominante em seu ambiente físico. Logo, o bioma é uma unidade de comunidade total, considerando-se em suas constituições o conjunto de animais, plantas e demais organismos que possam existir no bioma para considerá-lo como tal. Nessas circunstâncias, o bioma ocupa uma zona “biótica” principal, quando tal expressão é usada para designar uma comunidade, em vez de uma unidade de fauna ou flora (ODUM, 2006, p. 606). O termo “zona principal de vida” também é utilizado pelos europeus como designação de bioma, o que é uma designação diferente de “zona de vida”, termo esse usado na América do Norte. Nesse caso, o termo se refere a uma série de zonas de temperaturas, criada por C. Hart Merriam em 1894, que é mais usada por estudiosos de aves e mamíferos. Esse critério da temperatura tem sido sistematicamente abandonado em prol da distribuição dos organismos. Estas zonas de vida tornaram-se, portanto, zonas de comunidades, e na maioria dos casos podem representar divisões ou subdivisões de um bioma (op. cit.).

Para o projeto Tecno_Bioma, o próprio conceito de bioma foi e é essencial para a construção do *gamearte* como um todo. Toda a estruturação composta em Tecno_Bioma partiu desse conceito-base. Entender outras definições de bioma, além da mais usual entre ecologistas, ajuda a entender com mais nitidez como esse conceito foi construído; o que enriquece sensivelmente o trabalho já desenvolvido e o que será desenvolvido em Tecno_Bioma.

A complexidade conceitual do termo “bioma” permite elucidar exaustivamente o que ele é, como funciona, como pode ser organizado, quais princípios estão por trás de tal termo, etc. Tal investigação permite subsidiar a criação poética dos códigos os quais sustentam o *gamearte* que se propõe nesta Tese. O mergulho conceitual amplia as relações ecológicas dentro do *gamearte* com a adição de outros ecossistemas semelhantes entre si, mas conservando suas peculiaridades, e que trocarão informações entre si durante a execução do jogo. A sua semelhança com biomas reais é que as relações entre as vidas artificiais presentes em cada ecossistema presente no Tecno_Bioma tornam os mesmos equilibrados o suficiente para ir se mantendo indefinidamente ao longo do tempo. Abaixo, seguem capturas de tela do *gamearte* nas figuras 3 e 4.

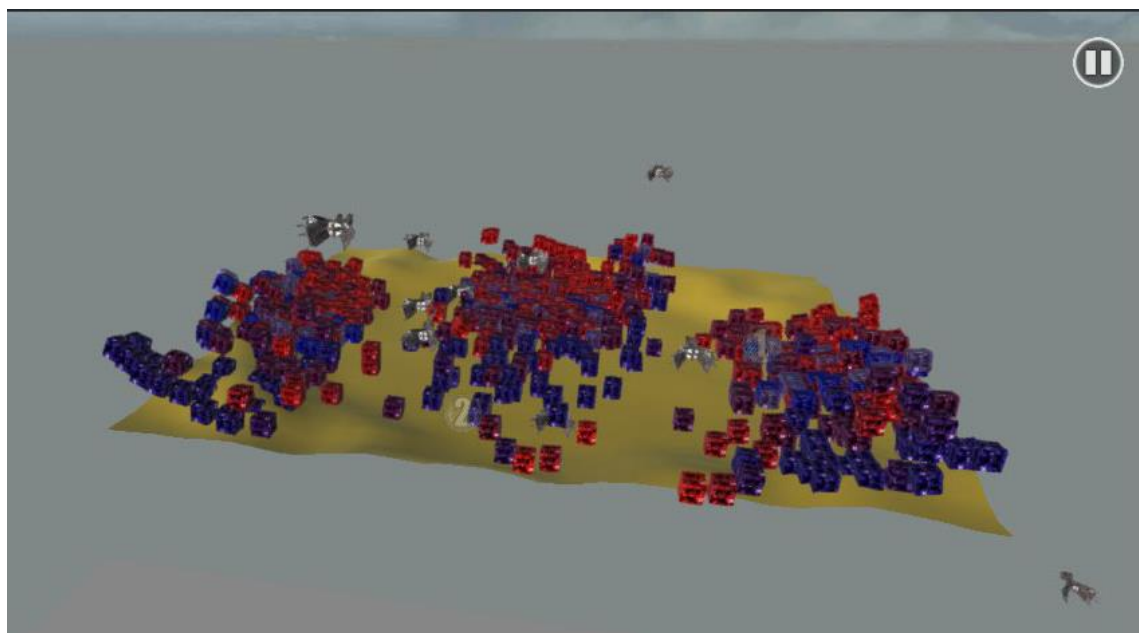
Figuras 3 e 4 – Telas do projeto atual Tecno_Bioma. De cima para baixo: menu e um dos ambientes do gamearte



Fonte: Ronaldo (2017)

No ambiente dos ecossistemas artificiais do *gamearte*, a energia que alimenta o sistema são os recursos gráficos presentes no computador no qual Tecno_Bioma será executado. Essa energia é acumulada no ambiente por meio do recife digital, o qual cresce utilizando esses recursos gráficos, podendo chegar a um ponto de quebra do sistema, se seu acúmulo no ambiente for grande demais para o computador suportar. Para que esse ponto de quebra não seja alcançado, o recife digital se relaciona com uma outra forma de vida artificial, denominada aqui de simbiote. Os simbiotes são vidas artificiais independentes, com tempo de vida limitado e que precisam se alimentar do recife digital, a fim de se reproduzir e perpetuar a sua espécie. Abaixo, na figura 5, são mostrados os simbiotes se alimentando do recife digital.

Figura 5 – Tela de um dos ecossistemas artificiais.



Fonte: Ronaldo (2015)

Em síntese, o presente projeto, denominado de Tecno_Bioma, não se trata apenas de mais um ecossistema no qual vidas artificiais e interagentes convivem. Agora, o *gamearte* é a reunião de vários espaços virtuais diferentes, com características semelhantes entre si que os tornam um bioma próprio, de acordo com os paradigmas estabelecidos pelos conceitos ecológicos apresentados acima.

1.3 A relação interação, informação e ambiente

Nesse contexto, o interagente participa do ambiente por meio da segunda interatividade que, de acordo com Edmond Couchot (2003, p. 28), ocorre quando se tem vidas artificiais interagindo em um ambiente virtual, caracterizando uma interatividade endógena que, no âmbito da pesquisa, mescla-se com a interatividade exógena, devido à presença do interagente.

A interatividade endógena, segundo Couchot, é aquela que ocorre entre as vidas artificiais presentes no ambiente virtual (op. cit., p. 32). A interatividade endógena diz respeito à utilização de modelos genéticos e conexionistas para a produção de animações geradas a partir de algoritmos computacionais que só podem ser vistos por meio de plataformas midiáticas mais fechadas (vídeos compartilhados pela internet e DVDs), ou da execução de algoritmos em tempo real sem nenhum tipo de intervenção externa, o que torna a interatividade

essencialmente endógena. Nos dois casos, o artista cria um microuniverso com um espaço-tempo próprio, povoa esse universo com criaturas virtuais que possuem comportamentos emergentes e/ou configurações estruturais mutáveis, deixa o algoritmo agir por um espaço de tempo determinado e/ou captura em vídeo os fragmentos da narrativa gerada, de forma emergente, que são mais interessantes para sua estética, ou deixa a execução em tempo real acontecendo e exhibe sua obra em tempo real. Em todos os casos, a exibição será divulgada em alguma plataforma de internet ou aplicativo de celular.

Já na interatividade exógena, o autor propõe o uso de dispositivos que permitem o contato do espectador (ou interagente) em tempo real com o ambiente virtual e as vidas artificiais que estiverem presentes neste (op. cit., p. 34). Essas interfaces de interação com o interagente são dotadas de dispositivos capazes de detectar certas ações do interagente (movimentação, gradiente de calor, entradas de teclado e *mouse*, toques em tela sensível, simples presença, gestualidade específica, reconhecimento facial, comando vocal, captação de sons ambientes, etc). Isso compromete a questão da interatividade endógena, mas em contrapartida enriquece sensivelmente o diálogo dentro da obra em si. A segunda interatividade (op. cit., p. 27) diz respeito ao conjunto de algoritmos que seguem a lógica de modelos das ciências cognitivas e das ciências da vida, entre eles o conexionismo⁶ e a genética.

Esses algoritmos inspiram-se em modelos provenientes das ciências cognitivas e das ciências da vida – notadamente do conexionismo e da genética. Assiste-se ao nascimento de um tipo de relação entre a imagem e o espectador bastante recente, o que nos leva a falar com fundamento de uma "segunda interatividade", que sugerimos seja assim denominada por analogia à "segunda cibernética", colocando em jogo os comportamentos maquínicos mais complexos e mais refinados, próximos dos comportamentos humanos (COUCHOT, 2003, p. 27).

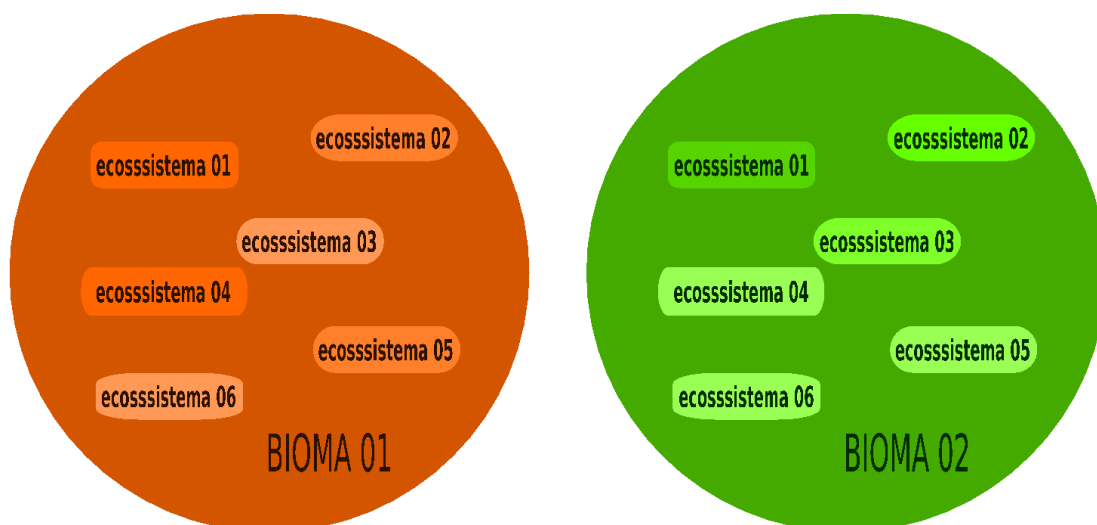
Essa citação conecta-se diretamente com o foco do presente projeto, pois o *gamearte* proposto, Tecno_Bioma, mescla essas formas de interação endógena das vidas artificiais com as relações exógenas estabelecidas com o interagente por

⁶ Modelo computacional da mente que apresenta um modelo matemático inspirado na estrutura neural e em organismos inteligentes, que adquirem conhecimento por meio da experiência.

meio desses algoritmos que conferem comportamentos complexos às vidas artificiais. A finalidade dessas combinações é tornar o interagente parte dos ecossistemas artificiais do bioma assim estabelecido, tornando-o um dos simbiotes presentes no ecossistema.

Retomando o conceito de bioma, volta-se também para a questão da ampliação do conceito de ecossistema artificial para o de “bioma digital”. Como dito anteriormente, entende-se por bioma a reunião de diversos ecossistemas que possuem o mesmo tipo de vegetação que pertencem a uma mesma região. Esses biomas abrigam todo o tipo de interação entre espécies animais e vegetais. Abaixo, segue o diagrama da figura 6, o qual mostra como funciona a hierarquia entre bioma e ecossistemas.

Figura 6 – Diagrama da hierarquia entre bioma e ecossistemas



Fonte: Ronaldo (2016)

Um ecossistema estudado durante a pesquisa em Eco_Artificial foi o ecossistema do recife de corais e suas possíveis semelhanças com as favelas, no intuito de criar um organismo artificial denominado na pesquisa de “recife digital” (RIBEIRO, 2014, p. 20).

1.4 O tempo: desdobramentos biológicos e físicos para a concepção do bioma artificial

Observa-se que nos dois exemplos dados, recife de corais e favelas, o aspecto dos organismos modifica-se em função do tempo e da capacidade de cada um deles continuar crescendo. Assim, o tempo é fator de suma importância para a

poética pretendida no desenvolvimento do *gamearte* proposto nesta Tese. Embora a palavra tempo apareça em textos em português somente no século XIII e os demais substantivos e adjetivos criados a partir dela datem do século XVII (CUNHA, 2007, p. 762), a ideia do tempo é tão remota quanto a própria história da humanidade, existindo até figuras mitológicas e deidades presentes em várias culturas para representá-lo. Já do ponto de vista filosófico (ABBAGNANO, 2012, p. 1.111), o tempo começa a ser pensado pelos pitagóricos como a esfera que define tudo; por Aristóteles, como o movimento ordenado realizado pelo cosmos, a partir do qual seria possível medir tudo. O fato é que de lá até os dias atuais o tempo tornou-se objeto de estudo tanto da física clássica quanto da física quântica.

A seta do tempo, um conceito intrinsecamente relacionado ao tempo que é abordado por Prigogine em seu livro *Fim das certezas*, tem como base principal a irreversibilidade do tempo. Na seta do tempo, essa grandeza corre em apenas uma direção, pois a passagem do tempo deixa as suas marcas na realidade, seja ela ambiental seja biológica. Nesse sentido, segundo Prigogine, durante um longo período, a seta do tempo, em parte por causa da sua natureza irreversível, foi relegada ao reino da fenomenologia. No entanto, o desenvolvimento robusto da física de não equilíbrio e a dinâmica dos sistemas dinâmicos instáveis conectados à ideia de caos forçou a uma revisão da percepção do tempo na física tal como foi formulada desde a época de Galileu (PRIGOGINE, 1996, p. 11).

Isso ocorreu devido à criação e ao desenvolvimento, nas últimas décadas, de uma nova ciência chamada de física dos processos de não equilíbrio”. Tal ciência criou conceitos novos, como a auto-organização e as estruturas dissipativas, conceitos hoje explorados nas mais diversas áreas como cosmologia, ecologia e ciências sociais; passando também pela química e a biologia.

A física do não equilíbrio estuda processos dissipativos, tendo por característica principal o tempo unidirecional, o que confere um caráter novo à percepção da irreversibilidade. Em épocas anteriores, a seta do tempo estava associada a processos simples, como atrito, difusão ou viscosidade. Contudo, na contemporaneidade, esse fato não procede dessa forma; a irreversibilidade está, hoje em dia, na base de fenômenos bem mais complexos, tais quais a formação dos turbilhões, das oscilações químicas ou da radiação a *laser*. De acordo com Prigogine, todos esses fenômenos demonstram o papel construtivo e fundamental

da seta do tempo, pois na contemporaneidade não é mais viável pensar na irreversibilidade como um axioma efêmero, que pode ser obliterado diante de um conhecimento mais perfeito, pois hoje já se tem ciência que o “ideal” e o “perfeito” são aproximações efêmeras diante da complexidade indomável da realidade empírica.

A seta do tempo é uma condição comportamental essencial e coerente a partir de populações imensas de bilhões de moléculas. Nas palavras de Prigogine:

Segundo uma frase que gosto de repetir: a matéria é cega ao equilíbrio ali onde a flecha do tempo não se manifesta; mas quando esta se manifesta, longe do equilíbrio, a matéria começa a ver! Sem a coerência dos processos irreversíveis de não equilíbrio, o aparecimento da vida na Terra seria inconcebível. A tese de que a flecha do tempo é apenas fenomenológica torna-se absurda. Não somos nós que geramos a flecha do tempo. Muito pelo contrário, somos seus filhos (PRIGOGINE, 1996, p. 12).

No fim do século passado, a questão do futuro da ciência foi colocada diversas vezes (PRIGOGINE, 1996, p. 14). Para alguns, a ciência está próxima de desvendar o “pensamento de Deus”; já para Prigogine, o momento atual é apenas o começo de uma nova jornada, pois o que se está descortinando é o surgimento de uma ciência não limitada pela simplificação de situações idealizadas, mas sim uma que coloca a humanidade diante da complexidade da realidade empírica, uma ciência que permite liberar a criatividade humana como uma expressão inequivocamente fundamental e, ao mesmo tempo, comum em todos os níveis da natureza.

Tais relações foram propostas tendo como base elementos da Teoria do Caos, para viabilizar comparações estruturais entre essas organizações comunitárias. Tais elementos foram: seta do tempo, atratores caóticos e sistemas dinâmicos. Esses conceitos são abordados pelos autores Ilya Prigogine (1993) e James Gleick (1987). O que esses conceitos viabilizam é a criação de um espaço dinâmico com regras bem simples de serem reproduzidas no ambiente virtual, a fim de simular computacionalmente vetores randômicos e aleatórios que tornem o algoritmo do Tecno_Bioma imprevisível e emergente.

Considerando seta do tempo, atratores caóticos e sistemas dinâmicos como vetores de instabilidade dentro do *gamearte*, o mesmo se torna instável e

com um índice de imprevisibilidade que não pode ser completamente determinado em termos de comportamento e resultado; ou seja, a emergência do *gamearte* surge a partir do momento em que em esses conceitos se tornam presentes no algoritmo por meio de variáveis do tipo randômico,⁷ que permeiam todo o sistema de algoritmos. Como essas variáveis podem assumir valores de forma aparentemente aleatória, os processos que elas controlam se tornam completamente imprevisíveis.

Nesse ponto, a importância do atrator caótico para a pesquisa reside no fato de este ser não exatamente composto por variáveis definidas, mas por vetores que se alteram com certa regularidade dentro de um sistema dinâmico, alterando-se de forma infinita dentro de um espaço finito, como será explicado mais à frente. Dessa maneira, o atrator caótico no *gamearte* se torna uma percepção emergente de como os processos dentro do sistema estão, em linhas gerais, organizados.

Como dito anteriormente, o conceito de seta do tempo é um fator que torna a passagem do tempo importante para a descrição de eventos e elementos físicos (PRIGOGINE, 1993, p. 8), devido à noção de irreversibilidade presente em sua concepção. Entende-se por irreversibilidade, nesse contexto, o fato de a passagem do tempo alterar o sistema, seja ele físico seja eventual, de modo que seu estado inicial não é exatamente igual ao seu estado final, tornando esse sistema mais perene no tempo. A seta do tempo se torna primordial para que estruturas complexas como recifes de coral, favelas, centros urbanos, florestas, etc. possam se formar e se complexificar. É esse conceito que viabiliza a complexidade de qualquer sistema dinâmico,⁸ pois esse tipo de sistema, ao longo do tempo, tende a acumular pequenas modificações que vão alterando sua morfologia desde sua origem até o seu possível final. Ou seja, é a partir da passagem do tempo que modificações ínfimas vão se acumulando sistemática e continuamente em um

⁷ Variável do tipo randômica é um tipo de variável que, durante a execução de um algoritmo, pode assumir valores aleatórios sem um critério específico de seleção. Ela pode agir dentro de um intervalo determinado de valores ou nem mesmo ter esse intervalo como ponto de partida (*helpdesk do softer Unity 3D*).

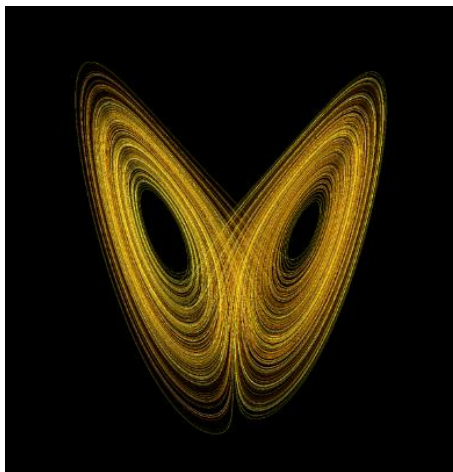
⁸ Todo sistema dinâmico pode ser caracterizado por uma energia cinética, que depende apenas da velocidade dos corpos que o compõem, e por uma energia potencial, que depende da interação entre esses corpos, isto é, de suas distâncias relativas (PRIGOGINE, 1993, p. 40).

processo, tornando esse processo paulatinamente mais complexo, à medida que o sistema dinâmico evolui.

A partir dessa perenidade do tempo, conceitos como o “atrator caótico” e “sistemas dinâmicos” se tornam passíveis de análise, pois ambos dependem da percepção da seta do tempo para que possam ser enxergados como vetores de análise.

Entende-se atrator caótico a partir da definição de Gleick (1987, p. 26), na qual o autor o define como um ponto em um sistema que não tem uma forma totalmente definida no tempo, sendo que seus valores sempre se alteram um pouco ao longo do tempo, mas mantêm o mesmo desenho. Um bom exemplo disso seria o atrator de Lorenz, cujo atrator caótico tem um padrão de movimento em forma de borboleta, embora seus valores sempre se alterem ao longo do tempo, como mostrado nas figuras 7, 8 e 9.

Figura 7 – Atrator de Lorenz



Fonte: (<http://migre.me/9SkV0>)

Figura 8 – Gráfico de um atrator caótico



Fonte: (Instituto Max Planck, Dortmund, Alemanha)

Figura 9 – Vórtices produzidos na ponta da asa de um avião agrícola



Fonte: (NASA)

Já os sistemas dinâmicos encontram-se fora de um equilíbrio estático, mudando de estado através do tempo. Sua relação com os atratores caóticos se dá especificamente por causa desse equilíbrio dinâmico que tais sistemas possuem. Um bom exemplo de sistema dinâmico seria a “ Grande Mancha Vermelha de Júpiter”. Trata-se de um sistema dinâmico o qual se mantém estável pelo menos desde que foi descoberto por Galileu Galilei (GLEICK, 1991, p. 48). A seguir, na figura 10, é mostrada a mancha de Júpiter.

Figura 10 – A Grande Mancha Vermelha



Fonte: (<http://migre.me/9SI8H>)

Tais conceitos descrevem relações aparentemente aleatórias que, analisadas com mais cuidado, demonstram padrões bem definidos que emergem quando o número de elementos em um sistema se torna grande o suficiente para aumentar a sua complexidade, como é o caso dos pólipos⁹ num recife de coral ou de casas em favelas, nos quais esses conceitos foram aplicados para fins de comparação das duas estruturas na Dissertação de Mestrado “Eco_Artificial” (SILVA, 2014). Podem ser consultadas, nas figuras 11 e 12, as imagens do pólipo de coral e da favela.

⁹ Pode-se dizer que a unidade básica do coral é o pólipo. Normalmente, esta estrutura tem a forma de um cálice coroado de tentáculos na sua parte inferior, onde se localiza a boca do animal (que serve para ingerir o alimento e eliminar resíduos) e possui um hábito de vida sedentário, fixando-se em variados substratos (BACELAR, 1997, p. 23).

Figura 11 – Pólipo de coral



Fonte: (<https://goo.gl/5F7pWx>)

Figura 12 – Morro Santa Marta, em Botafogo, na Zona Sul do Rio



Fonte: (<http://g1.globo.com>)

Nesse contexto, a ampliação da pesquisa para o conceito ecológico de bioma, tendo como base desse bioma o “Recife Digital”, trouxe novas perspectivas tanto para as questões referentes ao interagente quanto para aquelas que tratam das vidas artificiais, pois em ambientes com biomas artificiais as possibilidades narrativas em tempo real se ampliam sensivelmente.

Tais possibilidades se ampliam devido ao número maior de ambientes dentro do Tecno_Bioma, o que aumenta também a diversidade de vidas artificiais e interagentes presentes em cada ambiente; aumentando, assim, as possibilidades de interação dentro desses mesmos ambientes. Uma das possibilidades que surgem é a de dar às vidas artificiais a permissão para elas poderem migrar de um ecossistema do bioma digital para outro e interagir com as vidas artificiais de lá.

Essa possibilidade ocasionará um aumento significativo da diversidade de vidas artificiais dentro do bioma digital.

A noção de bioma se encaixa bem no conceito de seta do tempo, porque a sua construção depende do próprio tempo para se estabelecer; sem a passagem do tempo, os biomas seriam inviáveis. Isso porque, como o conceito de irreversibilidade é uma característica da seta do tempo, essa mesma característica se manifesta na formação de qualquer bioma, pois este se constrói de acordo com as camadas de vida e substrato que vão se acumulando nos ambientes ao longo do tempo. No próximo tópico, serão expostas algumas definições sobre o tempo e como ele é importante para a construção poética do projeto.

1.4.1 O tempo perceptivo

Desde que Einstein provou que a estrutura do tempo é relativa, a percepção do tempo como uma grandeza absoluta alterou-se de forma sensível (STEWART, 1853, p. 21). Antes disso, a relação do ser humano com o tempo, desde tempos idos, foi predominantemente subjetiva, no sentido de que a percepção deste do tempo era baseada nos fenômenos naturais, como a mudança cíclica das estações e as mudanças climáticas as quais estas traziam, no movimento das estrelas que marcavam eventos diversos, como equinócio de inverno e o solstício de verão, e também no envelhecimento e na modificação do ambiente circundante e de seus elementos constituintes, como planta e animais (ELIAS, 1998, p. 8).

O ser humano levou predominantemente em conta, para estabelecer a passagem do tempo, a modificação de aspectos externos do seu entorno, de modo que, sem essas modificações, o tempo para o ser humano seria estático (ELIAS, 1998, p. 59). Em tempos anteriores, a passagem do tempo parecia mais lenta, devido ao ritmo da vida cotidiana dessas épocas.

Na Idade Média, por exemplo, as distâncias eram bem maiores, pois os meios de transporte eram bem mais precários que os de hoje. Isso por si só gerava uma lentidão, se comparado à atualidade, no tráfego de produtos e serviços e conseqüentemente na circulação de informações (WHITROW, 1993, p. 99).

Qualquer acontecimento expressivo ou mesmo notícias corriqueiras do dia a dia poderiam levar semanas ou meses para se difundir por grandes extensões. Fatores como esse tornaram o fluxo de informações, pessoas e produtos lento, não só na Idade Média como em diversos períodos da História Antiga.

Outro exemplo a ser citado poderia ser o Império Romano, tido como o maior império da antiguidade. O fluxo de informações e produtos em seu território, apesar de devagar se contraposto aos dias de hoje, era de vital importância para a manutenção desse império, uma vez que saber o que estava acontecendo em cada parte do império influenciava diretamente nas decisões do imperador romano (OLIVEIRA, 2005, p. 169).

Por conta dessa lentidão de fluxo de informação, o tempo para as pessoas dessa época era menos acelerado que a percepção atual. Pode-se dizer que tudo acontecia no seu próprio ritmo nessas épocas; um ritmo mais seriado, regular e sazonal.

A percepção da passagem do tempo na contemporaneidade é mais acelerada, o fluxo de informações, atualmente, é muito rápido devido ao avanço dos meios de comunicação atuais, sendo o principal deles a internet. Por esse meio de comunicação circulam, de forma vertiginosa, todo tipo de informação, desde as mais relevantes até as mais fúteis.

Esse aumento na velocidade do fluxo de informações aumenta também a necessidade de seu consumo. Hoje em dia, qualquer notícia pode viralizar e ser notória no planeta inteiro em questão de horas. Para fins de comparação, até o início do século XX qualquer informação poderia levar meses para circular por todo o planeta, o que determinava um ritmo mais lento para o cotidiano diário das pessoas nessa época. Por causa desse fluxo acelerado de informações, as pessoas têm uma percepção igualmente acelerada dos acontecimentos, o que lhes dá a impressão de que o tempo na contemporaneidade está passando cada vez mais rápido.

Esse tempo perceptivo, em Tecno_Bioma, interfere diretamente na experiência do interagente dentro do *gamearte*. Dependendo de como o interagente sente a passagem do tempo dentro do ecossistema digital, isto irá gerar

determinados *feedbacks* para o ambiente; entre eles, podem ser citados: extinção ou não dos simbioses, colapso do ecossistema por excesso de população de pólipos digitais no Recife Digital, interferência direta na reprodução dos simbioses, etc.

A extinção dos simbioses citada no parágrafo anterior se refere ao fim dessa espécie de vida artificial como um todo no ambiente. Isso acontece quando o interagente se aproxima muito dos simbioses; essa aproximação os deixa mais lentos, o que lhes impede de procurar alimento e se reproduzir. Conseqüentemente, se um grupo muito grande de simbioses vier a deixar de se reproduzir, a espécie inteira naquele ambiente se extingue. Isso ocorre porque, com a aproximação do interagente, o processamento do computador fica mais pesado, tornando o tempo do *gamearte* mais lento e provocando os efeitos citados acima.

A ausência dos simbioses, por conseguinte, gera uma superpopulação de pólipos no mesmo ambiente, o que provoca o travamento da máquina. Essa característica de extinção surgiu nas primeiras versões do *gamearte*, com experimentos públicos realizados em exposições nas quais o jogo teve que ser reiniciado diversas vezes por causa desse evento específico (SILVA, 2015).

A interferência direta na reprodução dos simbioses vai ocorrer à medida que o interagente for capaz de mudar seu ponto de vista no *gamearte*, tornando-se uma das vidas artificiais dentro do jogo. Assim, ele pode ocupar o lugar de um simbiote ou de um pólipo no Recife Digital ou continuar na sua condição de observador semovente.

Logo que entra num dos ambientes de Tecno_Bioma, o interagente pode optar por três pontos de vista: do observador, do simbiote ou do pólipo. Com base nesses três pontos de vista, sua interação com o ambiente muda sensivelmente, assim como a sua percepção do tempo. Como essa mudança de percepção temporal é um foro interno do interagente, não há uma maneira eficiente de descrever essa experiência; porém, o que se pode dizer de tal percepção é que, a partir dela, o tempo para o usuário poderá passar mais lentamente ou mais rapidamente, dependendo da forma como ele desenvolverá sua empatia em relação à experiência de interação.

Caso o interagente opte por ser um simbiote, ele terá um tempo determinado de vida e poderá se reproduzir. Quando o seu simbiote morrer, ele voltará para o modo de observador, podendo clicar em um outro simbiote para continuar sua experiência interativa ou optar por clicar em um pólipó digital.

Caso ele opte por clicar no pólipó digital, o interagente ficará numa posição estática no ambiente por tempo indeterminado, pois os pólipós digitais vivem indefinidamente no ambiente, a menos que sejam assimilados pelos simbiontes. Nessa situação, o interagente terá duas opções: clicar em um simbiote para sair da sua posição estática ou esperar que algum simbiote devore o seu pólipó para que ele volte ao modo de observador.

Essa alternâncias de pontos de vista entre esses três entes do *gamearte* (observador, simbiote e pólipó) possivelmente fornecerão ao interagente perspectivas diferentes e percepções diferentes do *gamearte*, à medida que este evoluiu em sua interação com o mesmo.

1.4.2 Tempo simbólico

O tempo apresenta diversas definições, algumas delas relacionadas aos conceitos de tempo na linguagem expressos por algumas palavras, tais como: antes, depois, durante, passado, presente e futuro (GUELLER, 2005, p. 26). Os três primeiros dizem respeito à anterioridade, posterioridade e simultaneidade; os três últimos referem-se a acontecimentos passados, atuais ou que ainda estão por vir.

Essas palavras delimitam como o tempo é construído nas culturas, demarcando verbalmente a percepção que um indivíduo pode vir a ter sobre o tempo. Isso pode significar que a construção da ideia de tempo de uma sociedade começa na forma simbólica como esta cultura se relaciona com o tempo, o que pode determinar diversas construções teóricas sobre a noção de tempo, dependendo do sistema de símbolos constituídos em cada cultura.

Diante dos argumentos apresentados, tem-se que o tempo não é apreendido de forma direta, sendo geralmente mediada por um sistema de símbolos. Isso significa que a representação do tempo será anterior à experiência temporal de um

indivíduo, ou seja, ela será anterior à probabilidade de o indivíduo se situar numa linha temporal e de estabelecer a sua percepção de tal experiência (GUELLER, 2005, p. 27).

Dessa forma, tem-se que o tempo, assim como outras construções sociais, também é uma construção cultural, a qual pode interferir no modo como uma sociedade é organizada, como também no modo como essa sociedade experimenta essa idealização do tempo por meio de sua simbologia.

Isso atinge diretamente o Tecno_Bioma, pois a construção da ideia de tempo dentro desse ambiente torna-se tanto social quanto experimental, devido ao contato entre os interagentes presentes no ambiente. Isso ocorre com base no fato de que o fluxo temporal no *gamearte* existe em função da presença do interagente.

As dinâmicas assim estabelecidas levarão a uma diversificação das formas anatômicas das vidas artificiais no ambiente, bem como a mudanças nas formas como esses entes virtuais agem, haja vista a presença do interagente nessas mudanças.

1.4.3 Seta do tempo

O conceito de seta do tempo evoca o aspecto de irreversibilidade do tempo. A irreversibilidade do tempo, na Teoria do Caos, é uma propriedade do tempo que torna uma cadeia de eventos dentro de uma dimensão espaço-temporal irreversível. Ou seja, quando uma cadeia de eventos é iniciada, ela não pode ser revertida, mesmo que se execute uma sequência de eventos e de alguma forma se consiga repetir exatamente essa mesma sequência. Como num movimento de pêndulo, por exemplo, a mesma sequência, na totalidade de tentativas, não será executada da mesma forma; haverá sempre alguma pequena diferença que tornará aquela sequência de eventos única no tempo.

Segundo Prigogine (1993), os processos irreversíveis expressam propriedades fundamentais da natureza. O conceito de seta do tempo, nesse caso, é uma ferramenta eficiente para descrever um tipo de estrutura natural denominada de “estruturas dissipativas de não equilíbrio”. Basicamente, essas estruturas

precisam da passagem do tempo para sua formação e consolidação, o que torna inviável o uso de conceitos de física clássica nos quais as leis são reversíveis em relação ao tempo.

Uma estrutura dissipativa também pode ser chamada de sistema-instável, isso devido ao seu caráter dinâmico e dependente da geração de instabilidades ao longo de um período para que sua complexidade possa ser percebida. Nesses sistemas-instáveis, para viabilizar sua descrição com o uso da seta do tempo, é necessário colocar, nas equações usadas para descrevê-los, conceitos estatísticos, tornando a descrição desses sistemas mais probabilísticos e dinâmicos, e aumentando, assim, a precisão qualitativa de sua descrição em relação a conceitos mais lineares da física, como trajetórias e funções de onda.

O conceito de “trajetória” consiste geralmente em um ponto se deslocando no espaço ao longo de um intervalo de tempo em uma determinada direção (PRIGOGINE, 1993, p. 120), cujo sentido pode ser variado. Para a física clássica, se esse ponto está avançando ou retrocedendo no tempo não é uma questão relevante, pois a mesma está preocupada em descrever o movimento desse ponto e não o que acontece com ele.

Já quando a seta do tempo é considerada, o sentido em que esse ponto passa por essa trajetória e quantas vezes isso acontece tem relevância na seta do tempo devido ao seu caráter irreversível. Quando se considera a irreversibilidade da trajetória, leva-se em conta quantas vezes essa trajetória foi executada e como ela se desenvolve ao longo de um período de repetições. Caso o mesmo trajeto fosse repetido da mesma forma, nesse contexto, não poderia ser considerado idêntica a execução anterior, devido às particularidades dessa nova execução, pois, ao elas serem consideradas, mesmo que esse ponto tenha se deslocado exatamente da mesma forma, esse novo movimento manifesta diferenças sutis as quais devem ser consideradas em relação à execução anterior. Essas observações podem acontecer principalmente quando se analisa que tipo de perturbações ocorreram durante a execução da trajetória, cada uma das vezes que ela ocorreu, por exemplo.

Em relação à função de onda, seu conceito primordial, segundo a mecânica quântica, define-se como uma amplitude probabilística (PRIGOGINE, 1993, p. 49).

Isso significa que uma função de onda só pode ser medida no conjunto de possíveis oscilações que ela vai assumir ao longo determinado período. Ela é descrita fundamentalmente segundo as equações de Schrödinger, que, como nas equações de Newton sobre a trajetória, transformam-na em algo determinista e reversível.

Nesse caso, percebe-se que o mesmo espaço que separa a descrição da mecânica clássica da descrição evolucionista da entropia também existe na descrição quântica. Contudo, na mecânica quântica, as funções de onda não são observáveis, em oposição ao que acontece na mecânica clássica, na qual trajetórias podem ser observadas. É por esse motivo que a função de onda é definida como uma amplitude probabilística.

Para se analisar uma função de onda, segundo a mecânica quântica, deve-se partir da amplitude para a probabilidade propriamente dita, pois seu princípio fundamental se baseia na possibilidade de que todo problema dinâmico pode ser resolvido por meio de amplitudes de probabilidade. Isso é calculado por meio de uma equação de caso puro, cujo conjunto de sistemas são representados por uma única função de onda. Por meio de algumas conversões de amplitude, converte-se a função de onda em uma mistura, a qual nada mais é do que um conjunto de sistemas representados por funções de onda distintas. O nome desta passagem de um caso puro para uma mistura chama-se “redução de função de onda”.

A peculiaridade dessa conversão de um caso puro em uma mistura se deve ao fato de ela ser exótica em relação à equação de Schrödinger, pois esta descreve a transformação de uma função de onda numa outra. Isso seria diferente de passar um conjunto de sistemas de caso puro para uma mistura.

Segundo Prigogine, a transformação de caso puro para mistura dever-se-ia às medições calculadas por um observador humano (PRIGOGINE, 1993, p. 50). Essa interpretação é análoga à premissa de que a imperfeição humana poderia ser a responsável pela seta do tempo.

A questão dessa premissa reside no fato de esta gerar um paradoxo na natureza da própria medição de qualquer comportamento físico (op. cit., p. 51), pois qualquer medição de um sistema temporalmente reversível segundo a mecânica clássica ou quântica, tendo como base que a flecha do tempo pode ser atribuída

ao ponto de vista humano de um universo com leis simétricas, estará sendo mensurada por meio de um processo irreversível.

Para a mecânica clássica, a questão da irreversibilidade foi considerada um problema menor devido ao fato de que seus resultados não apresentam uma alteração mensurável por causa desses aspectos instáveis, tornando-se sensivelmente efetivos (op. cit.). No entanto, para a mecânica quântica, a questão da irreversibilidade se torna bem mais relevante, pois a intrusão da medida numa descrição fundamental do mundo físico está no cerne da Teoria Quântica, em virtude de sua dualidade, acima mencionadas, entre as equações de Schrödinger e a “redução de função de onda”.

Essa dualidade gera discussões até o presente momento. Diversas interpretações já foram propostas para o tema; no entanto, embora tentassem resolver essa dualidade, tais propostas apresentavam algum ponto fraco, diante do qual se propunha uma nova interpretação, como expõe Prigogine ao citar os físicos Niels Bohr com sua interpretação de Copenhague e Léon Rosenfeld, colaborador de Bohr, que propôs um complemento a essa interpretação. Além disso, também são mencionados outros físicos que levantaram a possibilidade de aliar o processo de medida a um instrumento macroscópico por meio de aproximações (PRIGOGINE, ano, p. 52-53).

Outro autor que desenvolveu uma visão interessante sobre o tema da seta do tempo era o teórico Stephen Hawking. Em seu livro *Uma breve história do tempo* (1998), o pesquisador apresenta como a sua concepção sobre a origem do Universo estava equivocada no início de seus estudos, devido à sua percepção de que um Universo se expandia até um determinado limite e depois se contraía, revertendo também o tempo e a entropia em sua contração. Entropia, nesse contexto, é o nível de desordem de um Universo, o qual aumenta de acordo com o que este vai expandindo (HAWKING, 1998, p. 254). Contudo, de acordo com Hawking, o Universo não é reversível da forma perfeitamente simétrica como ele pensava. Na realidade, caso um universo se contraía, o nível de entropia e o tempo não reverterem, suas tendências continuam progredindo segundo Hawking. Uma das consequências disso é a vida inteligente ser apenas possível durante a fase de expansão de um Universo, devido à necessidade de esta dissipar calor nos seus

processos vitais, o que é um tipo de energia desordenada e entrópica (HAWKING, 1998, p. 256).

Hawking discorre acerca de três tipos de seta do tempo funcionando paralelamente no Universo.

Contudo, há pelo menos três setas do tempo que distinguem o passado do futuro. São elas: a seta termodinâmica, a direção do tempo em que a desordem aumenta; a seta psicológica, a direção do tempo em que os nos lembramos do passado e não do futuro; e a seta cosmológica, a direção do tempo em que o Universo se expande, em vez de se contrair (HAWKING, 1998, p. 256).

Ainda segundo Hawking, a seta psicológica coincide com a seta termodinâmica devido ao fato de as duas, em essência, serem as mesmas. O fato de também vermos a seta termodinâmica em sincronia com a seta cosmológica também ocorre, porque a existência da vida inteligente, como já foi dito, só pode ocorrer durante a expansão do Universo. Como se nota nessas teorias, a seta do tempo é um conceito fundamental para a medição de qualquer sistema e desenvolvimento de qualquer ambiente em virtude do seu caráter irreversível.

Em Tecno_Bioma, o conceito de seta do tempo é relevante em virtude dessa característica de desenvolvimento de ambiente. Qualquer dos ecossistemas digitais em execução no jogo precisa de um determinado tempo de execução para que sua complexidade surja no *gamearte*.

E da mesma maneira que a questão do observador humano pode influir na medição de qualquer sistema ou na seta do tempo no mundo físico, o interagente dentro do *gamearte* é de suma importância para que o mesmo tenha o desenvolvimento de seus ambientes implementado ao longo de sua execução.

O interagente tem papel central na passagem do tempo no *gamearte* em virtude de que é a sua presença a responsável por fazer o tempo fluir dentro do *gamearte*. Isso acontece por uma característica inerente do *gamearte* adquirida por causa do *game engine* utilizada para criar o ambiente, o *Unity 3D*. Os jogos idealizados nessa plataforma geralmente só rodam se o interagente estiver atuando e interagindo dentro ambiente, do contrário, o ambiente do jogo fica congelado no último momento compartilhado com o interagente.

Um pouco mais além, pretende-se futuramente criar um algoritmo de banco de dados que grave o último estado dos ambientes de Tecno_Bioma, gerados pelas interações de todos os entes artificiais e vivos dentro do *gamearte*, e de todos os elementos presentes nestes ambientes, a fim de que o *gamearte* não comece do zero toda vez que for executado. Em síntese, a meta é gravar a passagem do tempo pelo jogo com mais perenidade, para viabilizar um acúmulo de mudanças no ambiente que pode durar meses ou anos sem que, contudo, o *gamearte* precise ficar em execução por períodos tão longos.

No próximo capítulo, será estudado como foi e está se processando a construção poética do jogo/*gamearte* e como essa construção poética impacta os níveis de interação do mesmo.

2 O JOGO (CONSTRUÇÃO POÉTICA)

No presente capítulo, pretende-se explicar o processo e a poética do Tecno_Bioma, suas potencialidades como *gamearte* para o qual se propõe, a criação de vidas artificiais, bem como a relação destas com os interagentes. O *gamearte* Tecno_Bioma consiste em um conjunto de ecossistemas digitais interligados entre si, nos quais a passagem de tempo é imprescindível para o desenvolvimento das relações entre os agentes do jogo (interagente e vida artificial) e das estruturas do cenário, que também são determinadas por vidas artificiais específicas. O presente capítulo divide-se em três etapas apresentadas nos tópicos a seguir.

2.1 A autossimilaridade e o Cubo de Metatron

A autossimilaridade é um conceito-chave para a compreensão dos fractais. Sua premissa básica é ser uma estrutura simples que se replica infinitamente formando padrões altamente complexos ao longo do tempo. Essa característica da autossimilaridade também pode ser chamada de modularidade, significando esse termo a capacidade que possui um sistema autossimilar de se reproduzir por módulos exatamente iguais em diferentes escalas, seja em direção à microescala, seja a uma macroescala.

Entende-se por microescala ou macroescala os sentidos de escala que vão do ambiente microscópico ao ambiente macroscópico respectivamente. Essas noções de escala e espaço tem importância no entendimento de como funciona a autossimilaridade, pois permitem visualizar qual é a ação desse conceito ao longo do tempo.

Diversos organismos biológicos têm em suas estruturas mais básicas os mesmos módulos em um nível tanto microscópico quanto macroscópico. Seu código genético é preparado para construir o organismo usando pequenos blocos de construção (proteínas) que assumem uma determinada configuração estrutural e vão se sobrepondo continuamente até formar estruturas complexas dentro do organismo, como é o caso do sistema vascular cujas ramificações tem a mesma configuração estrutural tanto no nível do vaso capilar (microscópico) quanto no

nível das grandes artérias e veias (macroscópico), responsáveis pelo bombeamento do sangue a partir do coração (GLEICK, 1990, p. 79).

Embora o sistema pareça possuir uma complexidade tão densa que inviabilizaria o uso de um método de construção tão simples quanto a autossimilaridade, é exatamente por causa desse conceito que organismos biológicos gastam menos energia para desenvolver-se. Como sua fisiologia só tem que se preocupar com a formação de unidades básicas, as quais vão se autorreproduzindo até formar os órgãos internos, isso consiste em um bom exemplo de autossimilaridade. Ou seja, são as estruturas que crescem com o princípio fractal, são elementos que conferem uma eficiência muito maior no uso da energia e são autodeterminados, conforme define também Maturana como geometria não euclidiana (2001, p. 40).¹⁰ Entende-se por geometria não euclidiana qualquer tipo de geometria cujos axiomas básicos sejam distintos da geometria euclidiana.

A geometria fractal estuda casos de descrição de superfícies os quais a geometria clássica não consegue descrever facilmente, devido à limitação de suas equações. As raízes dessa geometria não linear remontam às tentativas de medir o tamanho de objetos em relação as quais as definições da geometria clássica falham.

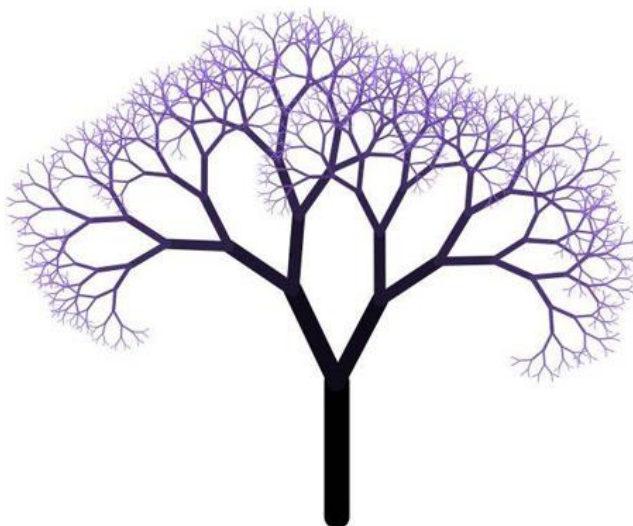
A primeira vez que o termo fractal foi utilizado remonta a 1975, quando o matemático Benoit Mandrebolt estava procurando um termo para definir o conceito matemático com o qual ele pretendia representar as reais formas da natureza (GLEICK, 1990, p. 93). Ao consultar um dicionário de latim, ele encontrou o termo *fractus*, do verbo *fragere*, daí surgindo o termo fractal que até hoje é usado para descrever estruturas cuja repetição em qualquer escala forma estruturas complexas no plano geral, com base no acúmulo de estruturas simples em menor escala.

¹⁰ Enquanto a geometria euclidiana tem como referencial um plano bidimensional, a geometria não euclidiana tem um referencial tridimensional, podendo ser aplicada à superfície de uma esfera ou um cilindro, por exemplo (PERUZZO, 2013, p. 120).

Um fractal é uma estrutura que apresenta certa invariância na sua forma, tendo uma flexibilidade na alteração de sua escala e mantendo sua forma sempre constante, independentemente dessa variação de tamanho. Dessa maneira, a sua natureza autossimilar é conservada ao longo de qualquer escala, sendo esse aspecto da autossimilaridade uma de suas características mais fundamentais.

Outras características dos fractais, como a complexidade e a sua dimensão, são derivadas diretamente da autossimilaridade, pois seus processos começam com a determinação desta como ponto de partida. No caso da complexidade, por exemplo, ela é gerada quando um sistema usa um processo gerador para replicar uma mesma estrutura geométrica com base em parâmetros específicos. Com base na repetição desse processo gerador inúmeras vezes, de maneira incremental, ao longo de um período, surge uma estrutura complexa, cuja forma básica é sempre a mesma, como mostra a figura 13.

Figura 13 – Fractal tree

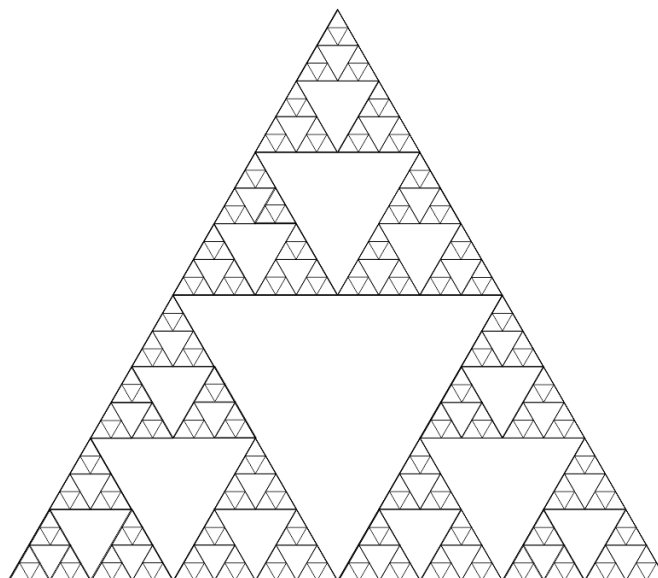


Fonte: (<http://migre.me/salKX>)

Um exemplo de complexidade infinita seriam os fractais determinísticos. São assim chamados por terem uma autossimilaridade exata, a qual se repete isotopicamente em todas as direções durante o processo de construção do fractal. Ao tomarmos um objeto S , composto por um conjunto de pontos $R = \{x_1, x_2, x_3, \dots\}$, a aplicação de uma transformação autossimilar, com um fator de escala b , muda as coordenadas dos pontos para $bR = \{bx_1, bx_2, bx_3, \dots\}$. Portanto, o

conjunto S , formado pelos pontos de coordenadas R , é autossimilar se este resulta invariante após a transformação. Para exemplificar o conceito acima, toma-se por base um objeto fractal denominado de triângulo de Sierpinski, como mostrado na figura 14.

Figura 14 – Triângulo de Sierpinski



Fonte: Ronaldo (2015)

A construção desse fractal começa com um triângulo equilátero preenchido. Daí, toma-se o ponto médio de cada lado e preenche-se o espaço interno do triângulo com 4 triângulos com exatamente a metade do tamanho do triângulo maior. Na próxima etapa, retira-se o triângulo do meio, restando apenas 3 triângulos congruentes no interior do triângulo maior, cujo tamanho é metade do triângulo maior. Após essa etapa, repete-se o procedimento de redução pela metade do triângulo maior e preenche-se cada um dos três triângulos, gerados no processo anterior, com outros 4 triângulos que possuem exatamente a metade do seu tamanho, retirando o triângulo do meio para restarem novamente apenas 3 triângulos dentro do triângulo maior. Esse processo, ou a lei de formação, foi usado na figura 29 até um 4º nível de detalhamento, mas, repetindo-se essa lei de formação indefinidamente, podem-se alcançar níveis infinitamente menores de detalhamento e, como a forma usada é exatamente igual em todas as escalas, pode-se dizer que o triângulo de Sierpinski é um objeto fractal determinístico.

Finalmente, a dimensão de um fractal tende a não ter um valor inteiro, como acontece na geometria euclidiana, na qual, por exemplo, uma linha tem valor 1, um

espaço tem valor 2 e um volume tem valor 3. Já na geometria fractal, esses valores são fracionários, representando o grau de ocupação da estrutura fractal no espaço que a contém (FERREIRA, 2013, p. 283). Podem ser citados como exemplos a dimensão fractal da bacia fluvial do rio Amazonas (1.85), dos relâmpagos no espaço tridimensional (1.51), dos angiogramas dos rins (1.61), entre outros, conforme apresentado nas figuras 15, 16 e 17.

Figura 15 – Bacia do Amazonas



Fonte: (<http://migre.me/txvCm>)

Figura 16 – Relâmpago



Fonte: (<http://migre.me/txvDf>)

Figura 17 – Angiografia dos rins.



Fonte: (<http://migre.me/txvDq>)

Em termos de dimensão, a dimensão euclidiana é um conceito clássico. A sua estrutura se assina num conjunto de dimensões necessárias para definir uma forma euclidiana, sendo elas: uma dimensão (comprimento) descreve uma linha, duas dimensões (comprimento e largura) formam um plano, e três dimensões (comprimento, altura e largura) formam um volume. Um ponto nesse conjunto de dimensões equivale a uma dimensão 0, pois precisa-se de 2 pontos para estabelecer uma linha. A dimensão euclidiana é geralmente associada a um conjunto de eixos perpendiculares, determinando, por conseguinte, em 1, 2 ou 3 dimensões. Algum ponto em termos de linha, área ou volume, apresenta como valores sempre números inteiros.

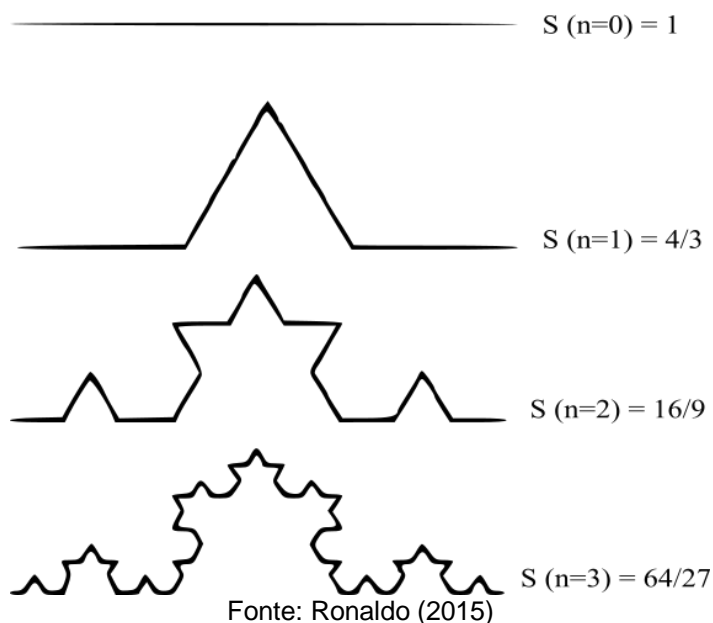
Definidas essas características da geometria euclidiana, torna-se mais inteligível perceber que a geometria fractal prima por uma abordagem conceitual diferente, assumindo valores fracionários para linha, área ou volume, por exemplo.

Tomando-se a Curva de Koch como exemplo, é possível notar mais claramente a questão dos valores dimensionais fracionários da geometria fractal quando se descreve o processo de construção da curva. Toma-se uma reta qualquer, dividindo-a em 3 partes iguais; posteriormente, divide-se o terço médio e o substitui por um triângulo equilátero com a mesma largura do segmento substituído; depois, retira-se a linha de base do triângulo. Para dar continuidade ao processo, repete-se esse mesmo procedimento em cada um dos segmentos. Essa repetição de procedimento pode acontecer indefinidamente, subdividindo-se cada

vez mais a curva em segmentos cada vez menores. Considerando-se que na primeira subdivisão um segmento subdividido em 3 partes foi transformado em um segmento subdividido por 4 parte iguais, tem-se o segmento multiplicado por uma razão de $4/3$. O limite de uma razão geométrica de $4/3$ é infinito, o que significa que a Curva de Koch descrita, para a qual essa razão se aplica, tende a ter um comprimento infinito dentro dela mesma. Esse característica de limite infinito presente na Curva de Koch foi denominado de “infinito interno” por Mandrebolt. Portanto, no n -ésimo nível, o comprimento da curva de Koch será determinado por $S_n = S_{n-1} + S_{n-1}/3 = (4/3)^n$, como mostrado na figura 18.

Figura 18 – Curva de Koch

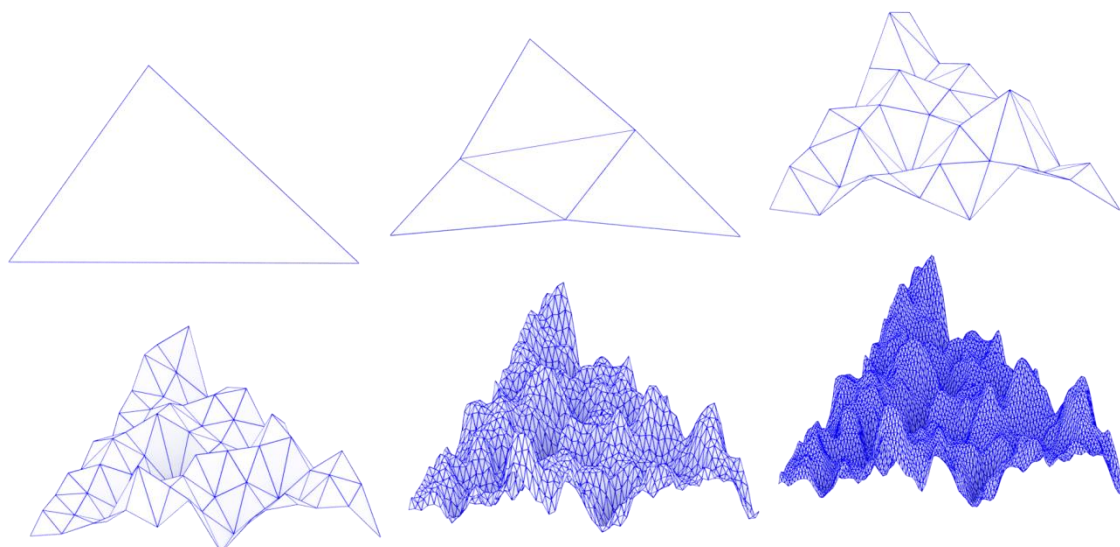
$$\lim_{n \rightarrow \infty} S_n = \infty$$



Esse mesmo “infinito interno” também pode ocorrer em um contexto volumétrico. Para citar um exemplo de geometria fractal volumétrica, pode-se mencionar o método de Mandrebolt para a descrição de superfícies tridimensionais, descrevendo como seria o processo de simbolizar matematicamente a superfície de uma montanha. Acham-se os pontos centrais das 3 linhas que formam o triângulo e criam-se 4 novos triângulos a partir desse triângulo. Deslocam-se depois aleatoriamente esses pontos centrais para cima ou para baixo dentro de uma gama de valores estabelecido. Vai-se repetindo o mesmo procedimento, mas calculando

os deslocamentos dos pontos centrais dentro de uma gama de valores, em que cada repetição é igual à metade da anterior, como demonstrado na figura 19.

Figura 19 – Região montanhosa construída com o uso de sistema fractal



Fonte: Ronaldo (2015)

Como demonstrado na figura 34, quando uma descrição de superfície acontece numa dimensão fractal, essa descrição pode ocorrer de forma indefinida, podendo chegar ao nível microscópico. Dessa forma, nota-se que a geometria fractal é ideal para a síntese computacional de superfícies orgânicas, pois gera possibilidades infinitas dentro de um espaço finito.

Uma outra conexão pode ser estabelecida com a autossimilaridade, pois a sistemática de autorregulação interna e externa, no tocante à autorreprodução, determina o quão complexo um sistema autossimilar pode ser ao longo do tempo, à medida que este vai se reproduzindo e gerando a sua complexidade. Segundo Maturana:

Os sistemas vivos são sistemas determinados estruturalmente, ou seja, são sistemas tais que tudo o que lhes acontece a qualquer momento depende de sua estrutura – que é como eles são feitos a cada instante. Os sistemas determinados estruturalmente são sistemas tais que qualquer agente que incida sobre eles apenas desencadeia neles mudanças estruturais determinadas neles próprios (...) (MATURANA, 2001, p. 172).

Ou seja, a autopoiese é um processo que precisa de auto-organização, autodeterminação interna para ocorrer, não ocorre em sistemas abertos ou fechados, mas sim em sistemas irritáveis. Além disso, tal sistema deve ter identidade, o que significa dizer que deve criar, ao longo de sua existência, uma diferenciação entre ele e o outro. Entende-se por organização interna todas as estruturas internas de um organismo que promovem a sua autorregulação e autorreplicação ao longo do tempo.

Em sistemas vivos, enquanto sistemas autopoieticos, ao interagir internamente ou com um ambiente externo, o organismo está continuamente lidando com sua auto-organização, a fim de manter a integridade de suas estruturas internas e de seus processos autorreprodutivos, no intuito de manter sua autopoiese intacta ao longo do tempo. Também segundo Maturana:

Sistemas vivos são sistemas autopoieticos moleculares. Enquanto sistemas moleculares, os sistemas vivos são abertos ao fluxo de matéria e energia. Enquanto sistemas autopoieticos, sistemas vivos são sistemas fechados em sua dinâmica de estados, no sentido de que eles são vivos apenas enquanto todas as suas mudanças estruturais forem mudanças estruturais que conservam sua autopoiese. Ou seja, um sistema vivo morre quando sua autopoiese para de ser conservada através de suas mudanças estruturais (MATURANA, 2001, p. 174).

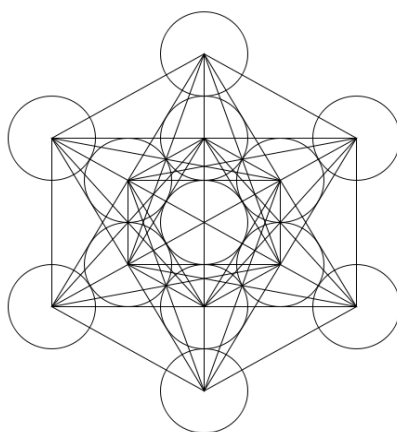
Para um observador externo, ao observar a interação de um organismo com o ambiente, pode parecer que um existe em relação ao outro, mas num sentido de perpetuação do organismo no tempo, suas interações com o ambiente estão relacionadas mais com ele mesmo, no sentido que todos os seus processos autopoieticos estão internalizados, de modo que, mesmo que um agente ambiental exerça influência nas estruturas desse organismo, as mudanças desencadeadas incidem apenas neles mesmos, o que é chamado de determinismo estrutural. Qualquer interação do organismo com o ambiente terá o objetivo de manter sua autopoiese intacta pelo máximo de tempo possível. Assim, a interação entre ambiente e organismo acaba gerando diversas modificações no primeiro.

Desse ponto de vista, como diz Maturana (2001, p. 174), os organismos vivos são, na verdade, máquinas moleculares, pois tanto em nível macroscópico quanto celular, os processos internos de um organismo funcionam em função de manter a regularidade dos processos autopoieticos de reprodução molecular, a fim

de manter o organismo vivo funcionando e a sua auto-organização interna intacta, produzindo exatamente a mesma rede molecular que a produziu.

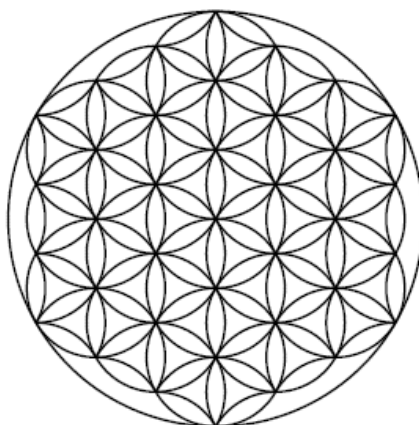
A forma como a estrutura se consolida é também um fator importante na visualização do mesmo diante do interagente. Pensando nisso, depois de um estudo imagético, optou-se por um desenho matemático do Cubo de Metatron. Como citando anteriormente, trata-se de um cubo formado por 13 círculos ligados por 78 linhas, sendo um dos componentes de um desenho mais complexo intitulado Flor da Vida, como demonstrado nas figuras 20 e 21.

Figura 20 – Cubo de Metatron



Fonte: (<http://migre.me/salul>)

Figura 21 – Flor da Vida



Fonte: (<http://migre.me/salw3>)

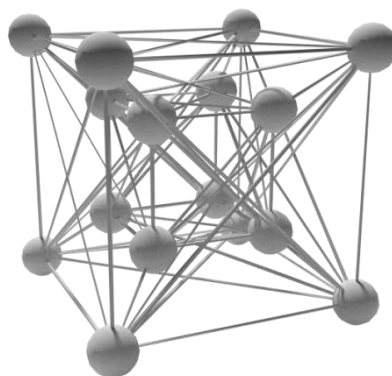
A imagem foi escolhida por ser simples e ter uma natureza fractal que permite a sua reprodução indefinidamente dentro de sua estrutura, tornando o

desenho em si autossimilar em qualquer escala. Sendo a autossimilaridade um dos conceitos recorrentes na Teoria do Caos, isso torna o Cubo de Metatron ideal para representar o *gamearte* Tecno_Bioma, por ser autossimilar em sua estrutura.

Tendo esse cubo como representação do jogo, tornou-se necessário conferir-lhe uma conotação em 3 dimensões, para que o mesmo se adeque mais ao *gamearte*, uma vez que este se desenvolve em realidade virtual de 3 dimensões. Transpor o desenho do Cubo de Metatron para o plano tridimensional foi relativamente simples, pois o seu desenho em cubo encontra-se numa perspectiva isométrica.¹¹ Usando essa perspectiva ortocêntrica como desenho de referência num programa de modelagem e animação 3D de nome *Blender* 3D para construir o cubo, bastou ajustar a perspectiva do programa para o modo ortocêntrico e construir o cubo no mesmo ângulo mostrado no desenho do cubo, fazendo com que suas dimensões coincidisse com o desenho o mais precisamente possível.

Apesar de a transposição ter sido simples, como dito anteriormente, foi surpreendente descobrir que o cubo possuía, na íntegra, 16 esferas e 72 linhas em vez da quantidade de círculos e linhas do desenho bidimensional, como demonstrado na figura 22.

Figura 22 – Cubo de Metatron 3D



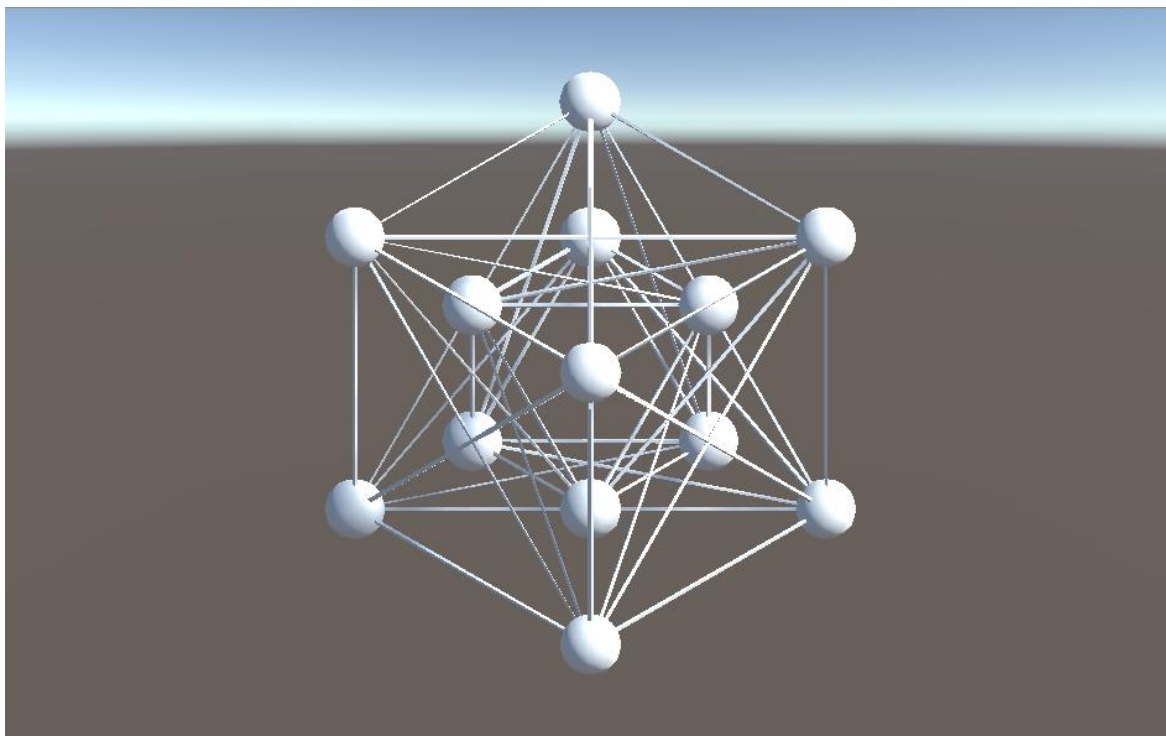
Fonte: Ronaldo (2015)

Embora a imagem se assemelhe a um modelo atômico, sua estética é apropriada para a representação geral do jogo, na qual pretende-se que cada uma das esferas assinaladas no cubo seja, metaforicamente, um *Eco_Artificial* diferente

¹¹ A perspectiva isométrica é um caso particular de projeção cilíndrica ortogonal. O sistema de eixos da situação a ser projetada ocorrerá na perspectiva, se visto no plano, de forma equi-angular a 120° (DOZZI, 1986, p. 16). Desta forma, é possível traçar uma perspectiva isométrica através de uma malha de retas desenhadas a partir de ângulos de 30° (MACHADO, 1983, p. 207).

interligado aos outros por meio das linhas que os intercomunicam, totalizando 16 ecossistemas artificiais na versão mais avançada do *gamearte*. Atualmente, o *menu* já está nessa configuração, como mostrado na figura 23.

Figura 23 – *Menu* atual do Tecno_Bioma



Fonte: Ronaldo (2018)

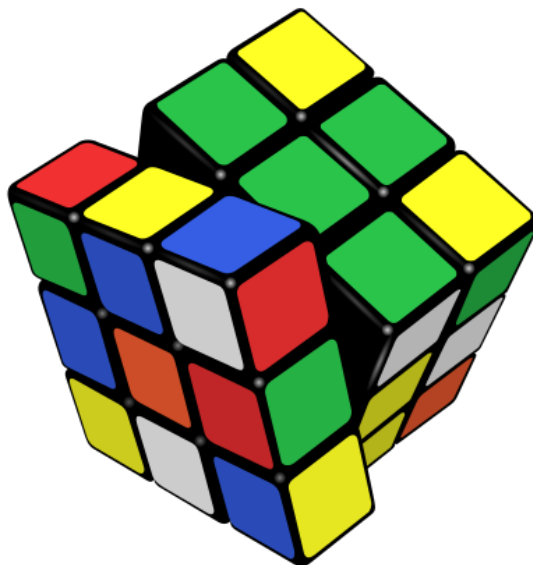
2.2 A metáfora visual do Tecno_Bioma

No início da pesquisa da criação de Tecno_Bioma, surgiu a necessidade de conferir a ele um formato que o identificasse como tal, uma metáfora visual com a qual o interagente e as vidas artificiais pudessem dialogar. Inicialmente, pensou-se na utilização do Cubo de Rubik ou cubo mágico como metáfora visual de um bioma digital, devido à sua forma cúbica simples e à possibilidade de criar diversos arranjos entre os ecossistemas que permaneceriam dentro desse bioma digital em forma de cubo.

A questão dos arranjos se dá pelo fato do cubo mágico ser uma reunião de pequenos cubos organizados geralmente em 6 padrões de cor distinta e que podem ser movidos entre si de forma a reunir cada cor numa face do cubo maior. Imaginou-se que com a possibilidade de movimentação das facetas do cubo mágico, seria possível criar combinações diversas entre os ecossistemas do cubo gerando uma

troca de informações entre eles no ato de conectar e desconectar os mesmos. A seguir, na figura 24, um exemplo do Cubo de Rubik.

Figura 24 – Cubo de Rubik



Fonte: (<https://goo.gl/E17fbT>)

O Cubo de Rubik foi elaborado pelo húngaro Ernő Rubik em 1974. A sua intenção foi criar um jogo de formas para ajudar a ilustrar o conceito da terceira dimensão aos seus alunos de arquitetura. A primeira peça que realizou foi em madeira e pintou os seus 6 lados com 6 cores distintas, a fim de que, quando alguém girasse as faces do cubo, tivesse uma melhor visualização dos movimentos realizados.

Ele é basicamente um quebra-cabeça tridimensional, que consiste em um cubo. Cada uma das suas 6 faces está dividida em 9 partes, 3x3, num total de 26 peças que se articulam entre si devido ao mecanismo da peça interior central fixa, oculta dentro do cubo. Há modelos com mais subdivisões, mas o modelo mais difundido é o modelo cujas faces estão divididas em 9 partes.

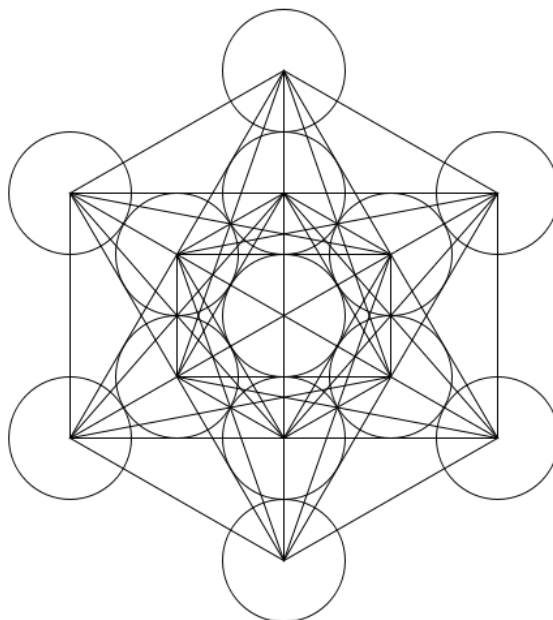
No entanto, por mais complexas que fossem as relações matemáticas dentro do sistema de combinações do cubo mágico, seu paradigma começa e termina na mesma forma: o cubo. Ao longo da pesquisa, as formas cúbicas têm sido continuamente especuladas por conta de sua leveza para o processamento das vidas artificiais e de sua similitude com cenários urbanos, o que, nesta etapa da pesquisa, tornou-se um ponto de inflexão, pois se considerou que o cubo mágico

ofereceria ao ecossistema do bioma digital um caráter altamente compacto, devido à sua forte estruturação formal e clássica, o que descaracterizaria um pouco o caráter principal da definição de bioma: o de um conjunto de ecossistemas que se conectam com outros ecossistemas, ampliando com o tempo a sua abrangência.

Por esse motivo, o cubo mágico foi abandonado como metáfora visual de bioma e iniciou-se a busca por uma metáfora visual que denotasse os conceitos de interligação entre sistemas e crescimento ramificado, os quais inclusive são conceitos intrínsecos aos sistemas fractais.

Partindo dessa premissa, após algumas especulações sobre formas fractais de natureza mais orgânica e complexa, encontrou-se ocasionalmente uma metáfora visual que, embora, clássica por sua simplicidade, adequava-se perfeitamente aos conceitos analisados. Essa metáfora visual se chama: Cubo de Metatron, como mostrado na figura 25.

Figura 25 – Cubo de Metatron



Fonte: Ronaldo (2015)

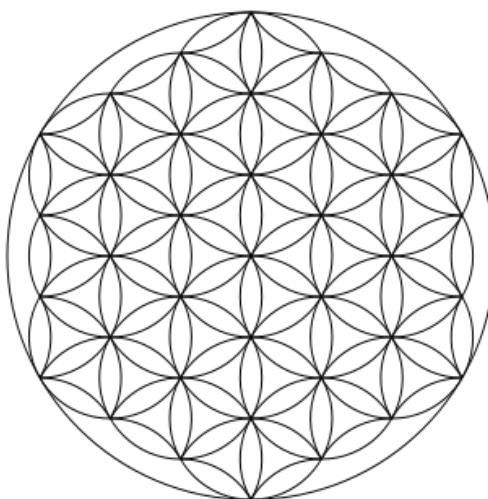
Embora sua forma geral seja a de um cubo, essa forma é uma relação entre formas que se assemelham a um cubo, se vistas de um ponto de vista mais distante e com angulação específica. No entanto, ao observar os elementos formais do cubo em si, nota-se que sua formulação é baseada em regras simples que o tornam mais um sistema fractal e menos um arranjo de formas assinaladas num plano tridimensional cartesiano, pois – apesar de seu arranjo cúbico básico ser formado

por 16 esferas interligadas por diversas diagonais – dentro de cada uma dessas esferas pode estar contido outro arranjo cúbico de esferas e diagonais semelhante ao arranjo maior. Essa última característica citada permite ao sistema a possibilidade de se desdobrar indefinidamente dentro de si mesmo, como acontece com diversos tipos de sistemas fractais, num padrão de autossimilaridade contínuo.

O Cubo de Metatron esteticamente insere-se na chamada “geometria sagrada”. Trata-se de um conjunto de proporções e relações geométricas que visam relacionar matemática, geometria e realidade, estabelecendo uma relação cósmica entre essas esferas do conhecimento e o universo. Diversas culturas e religiões diferentes usaram esse conceito de geometria sagrada para construir suas arquiteturas e sua identidade imagética e cultural. O elemento constante nessas culturas é um símbolo conhecido como Flor da Vida, a qual possui uma estreita relação com o Cubo de Metatron, como será mostrado mais à frente.

A Flor da Vida (figura 26) já foi encontrada em diversas culturas e lugares diferentes como: Turquia, Inglaterra, Israel, Egito, China, Tibet, Grécia e Japão.

Figura 26 – Flor da Vida



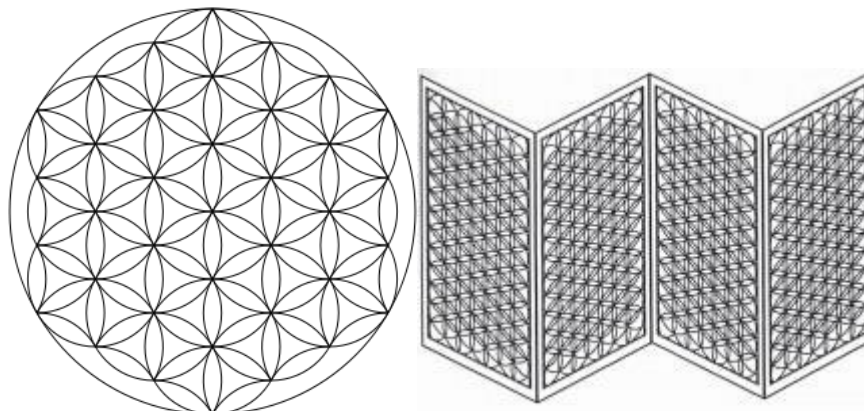
Fonte: Ronaldo (2016)

Diversas dessas culturas têm um mito em comum, o qual é a base para construção das estruturas básicas da geometria sagrada. Esse mito é o Mito da Criação. Em culturas como a cristã ou egípcia, o princípio da Criação começa no vazio.

Voltando à Flor da Vida, essa imagem tem uma peculiaridade estranha: a composição de círculos ou esferas é delimitada por dois círculos concêntricos, o

que corta a visibilidade dos outros elementos da composição (MELCHIZEDEK, 1998, p. 99). Como já foi dito anteriormente, essa imagem é encontrada no mundo inteiro, como se pode perceber pela figura da Flor da Vida e do biombo chinês abaixo (figuras 27 e 28).

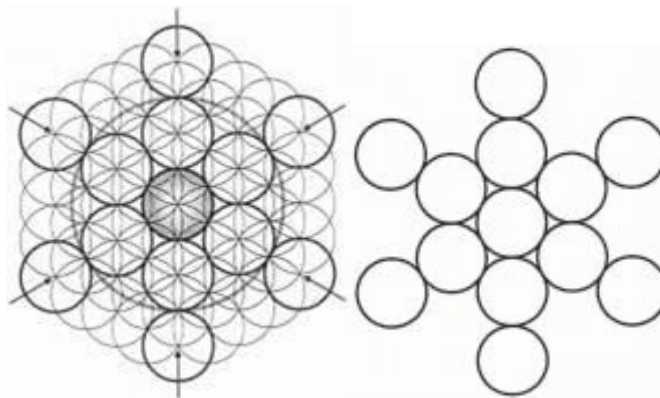
Figuras 27 e 28 – Flor da Vida e biombo chinês



Fonte: Melchizedek (1998)

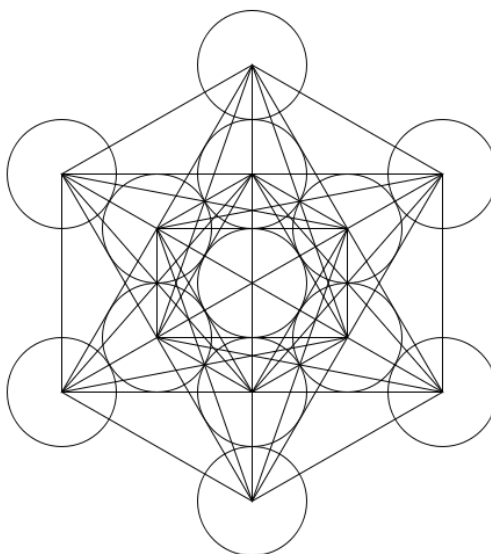
Se os círculos faltantes na Flor da Vida (figura 29) forem completados e os círculos que se tocam nas bordas uns dos outros forem extraídos dela, será obtido o padrão da figura 30, ou seja, o padrão que na geometria sagrada é conhecido como Fruto da Vida.

Figura 29 e 30 – Completando os círculos faltantes e o Fruto da Vida



Fonte: Melchizedek (1998)

Na geometria sagrada, formas curvas são consideradas femininas e formas retas são consideradas masculinas. Em relação ao Fruto da Vida, pode-se dizer que ele é uma forma feminina por ser formado essencialmente por esferas. Ao conectar os centros das esferas entre si com linhas retas, tem-se finalmente o Cubo de Metatron, como mostra a figura 31.

Figura 31 – Cubo de Metatron

Fonte: Ronaldo (2015)

Quando se combina linhas retas e diagonais com as esferas do Fruto da Vida, segundo a geometria sagrada (MELCHIZEDEK, 1998, p. 99), está se combinando formas masculinas e femininas para formar esse padrão do Cubo de Metatron. Dentro dele, além das 13 esferas, existem 26 diagonais que podem ser traçadas entre os centros das esferas quando se observa o padrão do ângulo mostrado nas figuras apresentadas até agora, o que gera um total de 39 linhas interligando todas as esferas do cubo.

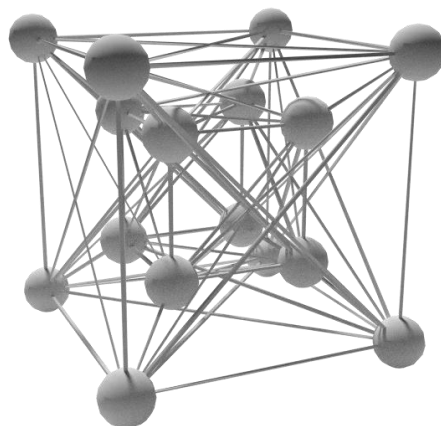
Segundo a geometria sagrada, o Cubo de Metatron é um dos padrões básicos da realidade. Considerando a simbologia por meio da qual ele é construído, essa afirmação funciona muito bem como metáfora de uma força criadora.

Por essas características, o Cubo de Metatron passou a ser a metáfora visual para o desenvolvimento do bioma digital, pois, embora de estruturação simples, sua natureza tem mais afinidade com a essência do bioma digital, uma vez que seu padrão de construção começa no vazio absoluto e, a partir de um nada repleto, sua estrutura começa a surgir, o que é muito similar à computação gráfica, a qual, a partir de um vazio ideal, e da interação entre pontos e linhas retas e curvas, vai tecendo todo o tipo de realidade.

Nesse contexto da computação gráfica, é possível estabelecer um contraponto com o que foi dito pela geometria sagrada. Com base em alguns experimentos em *softwares* 3D, pode-se dizer que o Cubo de Metatron apresenta

mais elementos do que o desenho clássico realmente exhibe como mostrado na figura 32.

Figura 32 – Cubo de Metatron visto de um ângulo mais tridimensional



Fonte: Ronaldo (2015)

Tomando o desenho clássico como base e recriando a estrutura num plano 3D, o que se descobre é que o Cubo de Metatron possui 16 esferas, 24 linhas retas e 48 diagonais. Isso acontece porque, quando se observa o desenho clássico, ocorre uma sobreposição de esferas no centro do cubo. Esta sobreposição oculta um total de 3 esferas, que no desenho clássico do cubo ficam na posição da esfera central.

Essa pequena quantidade de elementos sobrepostos gera quase o dobro de linhas retas e diagonais no cubo e pode ocasionar outras possibilidades geométricas que emergem das relações entre as linhas e as esferas do cubo, como, por exemplo, o fato de o desenho clássico do Cubo de Metatron poder ser observado a partir de qualquer uma das pontas do cubo externo quando o ângulo de visão desta está alinhado com a ponta correspondente do cubo interno, sobrepondo, dessa forma, 3 das 16 esferas que compõem realmente o Cubo de Metatron.

Alcançada a metáfora visual para o Tecno_Bioma por meio do Cubo de Metatron, partiu-se para as reflexões sobre as características comuns dos ecossistemas que formariam o bioma digital e para isso o conceito de ecologia, já introduzido no capítulo 1, a partir de Eugene ODUM, bem como uma interrelação subjetiva com o termo neovolucionismo, trabalhado a partir do termo evolução. Charles Darwin e Richard Dawkins foram preponderantes para o trabalho.

2.3 Evolução, tempo, interação e complexidade no Tecno_Bioma

Richard Dawkins juntamente com outros pesquisadores como Steven Pinker e Daniel Dennett, retomaram no final do século XX as pesquisas iniciadas por Charles Darwin que deram origem à Teoria da Evolução. O trabalho desses cientistas se desenvolveu a partir de Darwin, por considerar contribuições científicas que vieram a ser descobertas durante o século XX e que coadunam com as hipóteses defendidas na teoria de Darwin. Assim, juntam-se à Teoria da Evolução conceitos como a contribuição dos códigos genéticos e meméticos cunhados por Dennett (1995), as relações e a evolução do cérebro, tanto na neurobiologia quanto da psicologia, defendidos por Pinker (1997).

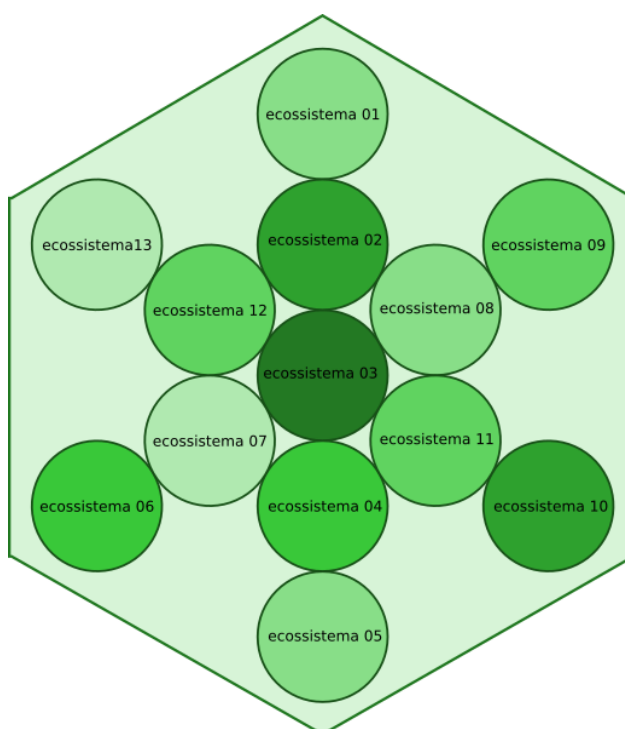
Em Dawkins (1996), existe a defesa do equilíbrio mínimo necessário para que processos evolutivos realmente aconteçam. Em um capítulo intitulado “O jardim murado” (p. 323), o autor apresenta de forma didática a sensível relação ecológica necessária em um bioma para que ele proporcione o processo evolutivo o qual permite a continuidade da vida, bem como a sua evolução genética. A partir do conceito de coevolução, Dawkins descreve como determinados seres necessitam do equilíbrio e do *design* de seus ambientes para manifestar seus próprios *designs* e habilidades. O próprio título do capítulo, “O jardim murado”, é uma metáfora para o delicado processo de evolução entre o figo, vulgarmente chamado de fruta, mas que é uma composição de minúsculas flores cercadas e protegidas por uma espécie de polpa e que só podem ser polinizadas por uma minúscula vespa, a única espécie que consegue atravessar a abertura da poupa e fazer parte da ecologia do jardim murado. Assim, o capítulo que é o último do livro, descreve o processo de evolução do ser e a sua relação com o ambiente, tratando-se de um equilíbrio ecológico por meio do qual é possível abstrair quais elementos a composição de um bioma minimamente deve ter para simular uma vida, ainda que digital e artificial. Trata-se portanto de uma relação informacional e complexa.

Assim, a teoria da complexidade é também uma das bases para a criação das estruturas visíveis no ambiente do *gamearte*. Com o suporte dos autores James Gleick (ano) e Ilya Prigogine (1991), as vidas artificiais do Tecno_Bioma tiveram seu comportamento concebido para seguir regras simples, ao criar no seu

conjunto interações complexas quando esses indivíduos virtuais iniciam sua atuação no ambiente e começam a se reproduzir em escala.

A poética principal do *gamearte* reside na reunião de vários ecossistemas similares ao desenvolvido na pesquisa de Mestrado em ambientes correlacionados. A figura do Cubo de Metatron encontra-se neste contexto para demonstrar a estrutura que conectará os diversos sistemas que comporão o Tecno_Bioma, contribuindo para ele ser um modo de navegação entre os diversos ecossistemas digitais que o formam. Abaixo, na figura 33 tem-se um diagrama da estrutura retratada.

Figura 33 – Diagrama esquemático da estrutura do *gamearte* Tecno_Bioma, com base na metáfora do Cubo de Metatron



Fonte: Ronaldo (2017)

Na estrutura proposta para o *gamearte*, a seta do tempo, aliada à percepção que o interagente tem desse elemento no *gamearte*, irá compor o substrato necessário para que as vidas artificiais dentro dos ecossistemas se movimentem e evoluam com a passagem do tempo. A evolução das vidas artificiais no *gamearte* se constitui por vetores de forma presente nas propriedades das vidas artificiais, que assumem valores entre 0 e 1, de modo que, a partir da inclusão de uma variável do tipo randômica, esses vetores possam assumir qualquer valor

neste intervalo a cada geração, o que leva a uma pluralidade de formas imprevistas, à medida que o *gamearte* evolui no tempo.

Cada ecossistema do ambiente do bioma digital é como um mundo à parte com o seu próprio tempo, pois o tempo só começa a correr dentro do ecossistema quando este é acessado por algum interagente. Daí todos os acontecimentos dentro dos ecossistemas digitais estão submissos à presença do usuário e da sua ação no ecossistema acessado. Por isso, compreender a percepção do interagente sobre a passagem do tempo ou seta do tempo se torna uma peça-chave para o desenvolvimento das dinâmicas do jogo.

Na primeira versão desenvolvida do *gamearte*, o usuário é um observador que apenas contempla o que acontece nos ecossistemas digitais de Tecno_Bioma. O simples ato de observar é um processo interno do interagente que impacta diretamente o trabalho em Tecno_Bioma. Como diz Maturana (2001, p. 20), toda interação parte de um mecanismo de ação interna que passa diretamente pelo campo da emoção antes de ser externada.

Mesmo a interação com um sistema computacional como Tecno_Bioma, por consequência desse processo íntimo, acaba se tornando parte desse sistema interno/externalizado do interagente. Ao captar as imagens do *gamearte* e processar essas imagens em sua mente, o interagente está na verdade internalizando o processo de interação primeiramente, antes de externalizá-lo numa ação dentro do *gamearte*.

Isso impacta diretamente a sua percepção do tempo dentro do jogo, o que por si só torna o aproveitamento desse tempo, por parte do interagente, um fator determinante sobre como as ações do interagente vão interferir nos ecossistemas de Tecno_Bioma.

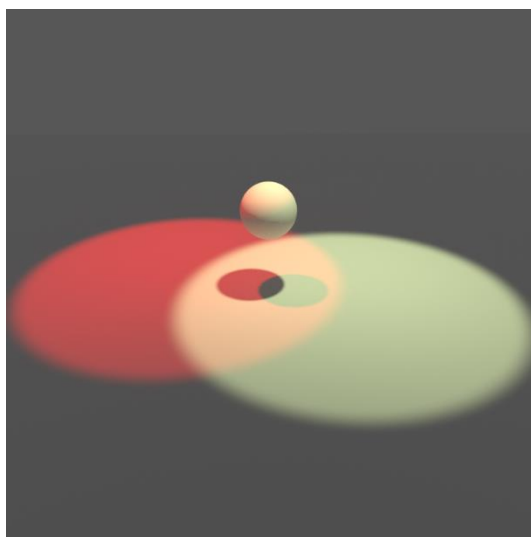
O interagir, seja com a realidade empírica seja com a virtual, envolve além da relação entre dois indivíduos, entre o indivíduo e o objeto ou a máquina, um processo de internalização dos *inputs* recebidos pelo indivíduo do ambiente. Para exemplificar, pode-se citar uma das experiências realizadas por Maturana (op. cit., p. 21). Trata-se do experimento que envolve o fenômeno da distinção cromática. O objetivo do experimento foi demonstrar como os seres vivos fazem distinções

cromáticas e tentar estabelecer uma relação entre a atividade dos neurônios da retina e as cores apresentadas ao indivíduo participantes.

Após vários anos de tentativa, Maturana chegou à conclusão de que não era possível estabelecer uma relação unívoca entre os tipos de célula da retina e as composições cromáticas dos objetos usados nas experiências. A questão se torna interessante nesse ponto, porque as pessoas geralmente dão um mesmo nome a experiências cromáticas que, sob a análise do espectro de cor, deveriam ser distintas, ou seja, a experiência cromática, nesse aspecto, não corresponde à experiência espectral.

Nesse sentido, em seu livro *Cognição, ciência e vida Cotidiana* (2001), o autor cita o exemplo das sombras cromáticas, pois elas são encontradas à noite nas cidades nas quais existem letreiros luminosos, ou as mesmas podem ser produzidas em casa, usando uma luz vermelha e outra branca como mostra a figura 34.

Figura 34 – As sombras coloridas



Fonte: Ronado (2016)

Na figura acima, a sombra produzida pela luz branca recebe luz vermelha e por isso a sombra é vermelha. Já no caso da sombra projetada pela luz vermelha, ao ser iluminada pela luz branca, na percepção do observador ela fica esverdeada e não realmente branca. Todavia, a questão é por que o observador enxerga verde se a cor da sombra é branca? Maturana detalha o fenômeno da complementaridade das cores, a reação fisionômica da percepção do vermelho e da resposta

complementar ao verde, mas é intuído que nesse processo a experiência do enxergar relaciona-se com as memórias e as reações físicas anteriores.

Isso porque a experiência cromática do indivíduo está ligada às correlações internas deste. Segundo essas reflexões, o processo cognitivo é uma experiência interna; então, predominantemente as interações dos seres vivos com o ambiente externo começam com um processo interno de memória e reconhecimento para depois se traduzirem em uma ação externa. Assim, podemos dizer que interagir pressupõe a relação ou a mediação entre dois: a tradução das informações recebidas nesta relação e a comparação com as experiências anteriores, não apenas do ponto de vista mental, mas da reação física dos corpos e ainda de uma resposta ou uma ação que modifica o meio.

Essa experiência interna do usuário torna-se importante para o *gamearte* Tecno_Bioma, porque é a partir desse questionamento interno que o usuário irá fazer sua leitura dos ecossistemas que estarão presentes no ambiente do jogo, à medida que este expandir sua quantidade de ecossistemas digitais ao longo das versões. Logo, se o indivíduo observa o Tecno_Bioma e deduz que é o seu olhar de observador e a sua presença no ambiente que o modifica, tal percepção transforma-se em uma dinâmica e portanto em uma interação. Entretanto, a maior parte desta experiência realiza-se de modo cognitivo, em uma relação entre o mediado, o percebido e as narrativas criadas na mente do interator.

Quando as ações do interagente se tornarem mais efetivas por meio das novas implementações interativas que serão feitas no *gamearte*, como, por exemplo, a possibilidade do interagente se tornar um dos simbioses do ecossistema ou um dos pólipos do Recife Digital, o modo como essa experiência interna impactará os ecossistemas do jogo também se expandirá. Isso acontecerá até o ponto quando as ações dos interagentes, juntamente com as ações e a evolução das vidas artificiais, interferirem totalmente em todas as estruturas do *gamearte*, as quais são formadas exatamente pelas ações dos dois vetores (interagentes e vidas artificiais) supracitados.

Nesse contexto, a passagem do tempo será vital, pois essas modificações e evoluções do ambiente e das vidas artificiais só ocorrerão enquanto houver a passagem do tempo, a qual será promovida apenas com a presença do interagente

nos ecossistemas artificiais. Isso ocorre devido ao fato de o sistema estar preparado para rodar apenas se houver pessoas interagindo com ele; caso ocorra uma situação em que todos os interagentes se desconectem do ambiente de Tecno_Bioma, o mesmo simplesmente ficará congelado no momento de saída do último interagente do ambiente. Entender, ainda que parcialmente, que sua interação, mesmo com um ambiente virtual, começa com sua experiência interna é importante para que a pesquisa com Tecno_Bioma continue evoluindo, à medida que compreender essa premissa auxiliará na criação de novas formas de interação entre os elementos do *gamearte* no presente e futuro.

No próximo capítulo, será exposto o processo lógico e algorítmico necessário para emular uma evolução computacional que funcione dentro dos critérios da Teoria da Evolução das Espécies e verificar como ela se relaciona com a pesquisa em andamento.

3 EVOLUÇÃO COMPUTACIONAL

Neste capítulo, será estudado como, a partir de algoritmos computacionais, é possível emular o desenvolvimento de uma vida artificial e como ela pode ser moldada pelo ambiente virtual, emulando-se as mesmas regras da evolução biológica.

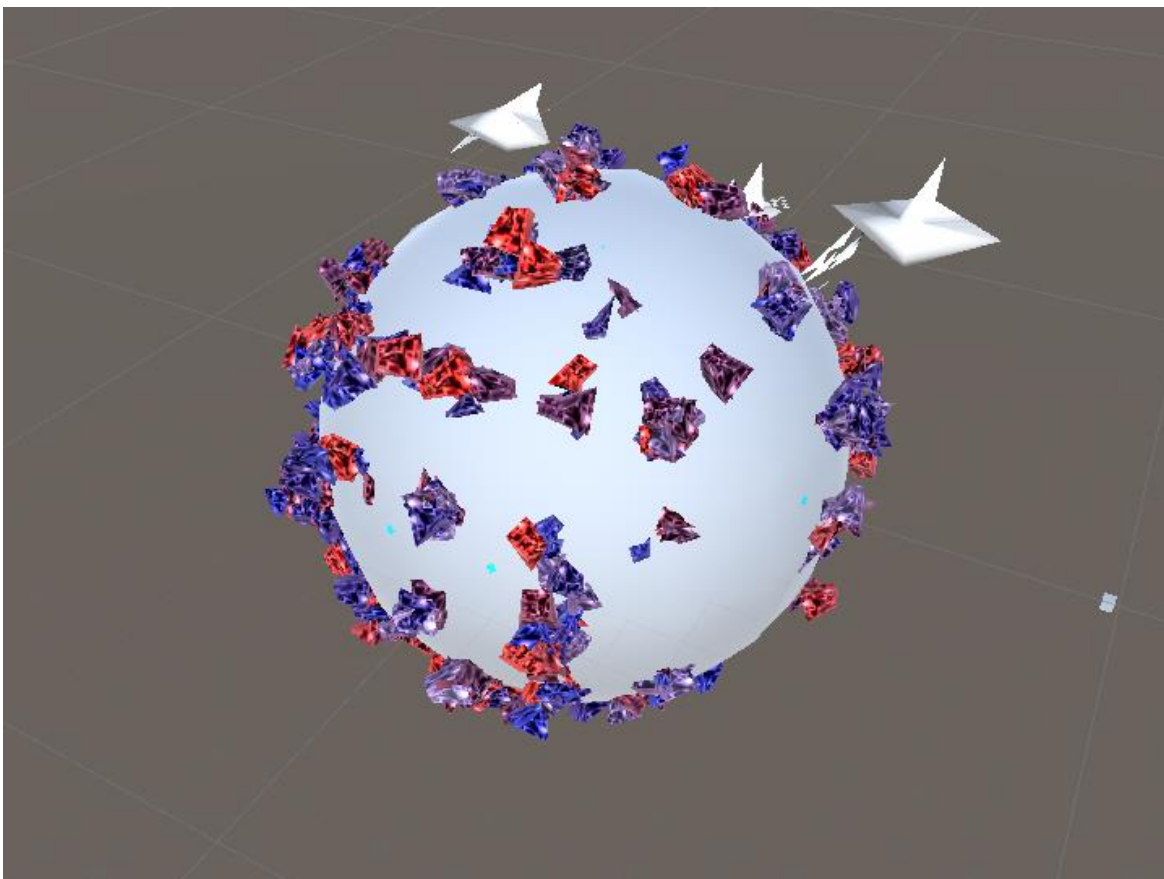
3.1 Definição

A evolução computacional é um ramo da inteligência artificial que propõe a resolução de problemas computacionais usando as regras da seleção natural. Dentro do contexto desta pesquisa, a utilização de conceitos e metodologias da Evolução Computacional são importantes para aproximar o *gamearte Tecno_Bioma* das regras da Seleção Natural e também por oferecer ferramentas e estratégias que podem tornar o ambiente do *gamearte* mais dinâmico e interativo do ponto de vista do interagente. Assim, a computação evolucionária é um conjunto de técnicas que pretende, por meio da otimização inspiradas na evolução natural das espécies, otimizar a resolução de problemas que de outra forma seriam mais difíceis de resolver pela computação tradicional.

Em outras palavras, os mais aptos sobrevivem e transferem suas características para a geração seguinte. As técnicas mais usadas em evolução computacional são: programação evolucionária, estratégias evolucionárias, algoritmos genéticos e programação genética. Esses métodos são muito utilizados pela comunidade de inteligência artificial atualmente para a criação de modelos de inteligência computacional.

Nesse sentido, as técnicas citadas no parágrafo anterior ajudaram sensivelmente as vidas artificiais presentes no *gamearte* a se modificarem e se desenvolverem de forma espontânea no ambiente dos ecossistemas digitais, de modo a tornar o ambiente cada vez mais diversificado com a passagem do tempo. A seguir, na figura 35, eis uma captura de tela da variabilidade que ocorre atualmente no *gamearte*.

Figura 35 – Pólipos e simbiontes assumindo formas diferentes a cada vez que se reproduzem



Fonte: Ronaldo (2019)

Para fazer os pólipos digitais aderirem da forma como é vista na figura 37, foi necessário encontrar um algoritmo que simulasse os efeitos da gravidade sobre os corpos. Fazer o algoritmo funcionar foi sensivelmente difícil, pois entender qual seria a lógica mais eficiente para ele funcionar dentro do *gamearte* demandou algum tempo. Diversos testes foram realizados até que finalmente se chegou ao funcionamento desejado.

Basicamente, todos os objetos utilizados no *gamearte* tem uma propriedade de massa; essa propriedade é padrão no *Unity* (*game engine* utilizado para a criação do *gamearte*). Então, com base nessa propriedade, estruturou-se um algoritmo que analisa essa propriedade de massa e, dependendo do valor descrito, o corpo pode ter maior ou menor gravidade. Em síntese, o mesmo algoritmo que é usado para gerar gravidade na esfera, também é usado nos pólipos digitais que, como possuem menor massa, são atraídos pela esfera.

Algoritmo genético e programação genética são as duas principais ferramentas na pesquisa em evolução computacional. Os algoritmos genéticos

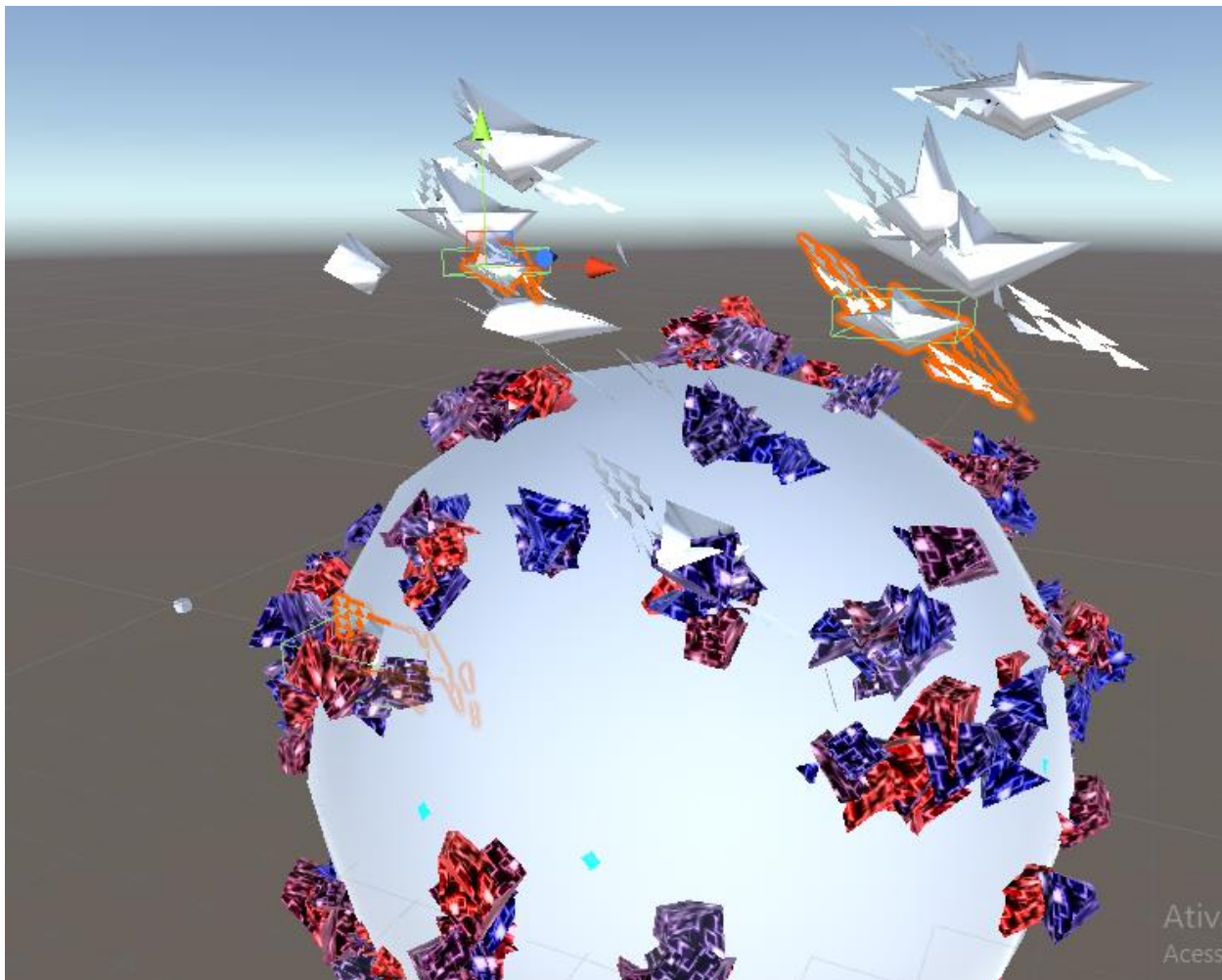
foram criados em 1960 por John Holland (*apud* POZO, 2004, p. 3) para estudar fenômenos relacionados à seleção e à adaptação das espécies que ocorrem no ambiente (DARWIN, 1859). Também tiveram como objetivo criar modelos computacionais viáveis para os computadores (MITCHELL, 1997, p. 87).

Algoritmos genéticos têm uma larga aplicação em diversas áreas científicas, dentre as quais podem ser citadas: otimização de soluções, simulação de modelos em geral, previsão de formatos de moléculas, simulação do funcionamento de organismos biológicos e estudo de populações em ecossistemas complexos (*op. cit.*, p. 86).

Programação genética é uma técnica criada por John Koza que consiste na criação de programas de computador automaticamente (KOZA, 1992, p. 18). Criada com base nos conceitos de algoritmo genético de John Holland, com a programação genética é possível criar *softwares* geneticamente a partir de conceitos de fundamento biológico para a geração automática de programas de computador.

Essas duas técnicas são interessantes para o *gamearte*, porque permitem que os ecossistemas digitais acumulem modificações ao longo do tempo, o que tornará esse ambiente sensivelmente mutável e volúvel, possibilitando o estudo dos comportamentos desses organismos artificiais. É possível também verificar como sua capacidade de adaptação e seleção natural afeta a sua interação com o ambiente e com os interagentes. Essas adaptações das vidas artificiais são um dos pontos chaves da poética do jogo, pois é através delas que diversos elementos poderão ser investigados e também elementos totalmente novos poderão surgir, alterando, inclusive, as direções da pesquisa a medida que esta se desenvolver.

Segue, na figura 36, uma imagem do *gamearte*, mostrando o empilhamento das diversas formas assumidas pelos pólipos e simbiontes.

Figura 36 – Variabilidade de forma das vidas artificiais

Fonte: Ronaldo (2019)

A diferença entre algoritmo genético e programação genética reside nas estruturas a serem manipuladas. As estruturas processadas pela programação genética são bem mais complexas em relação às estruturas geradas por um algoritmo genético. Ambas as técnicas partem da mesma base teórica, que é inspirada na competição entre os indivíduos pela sobrevivência; no entanto, elas não mantêm uma relação de dependência ou subordinação entre si.

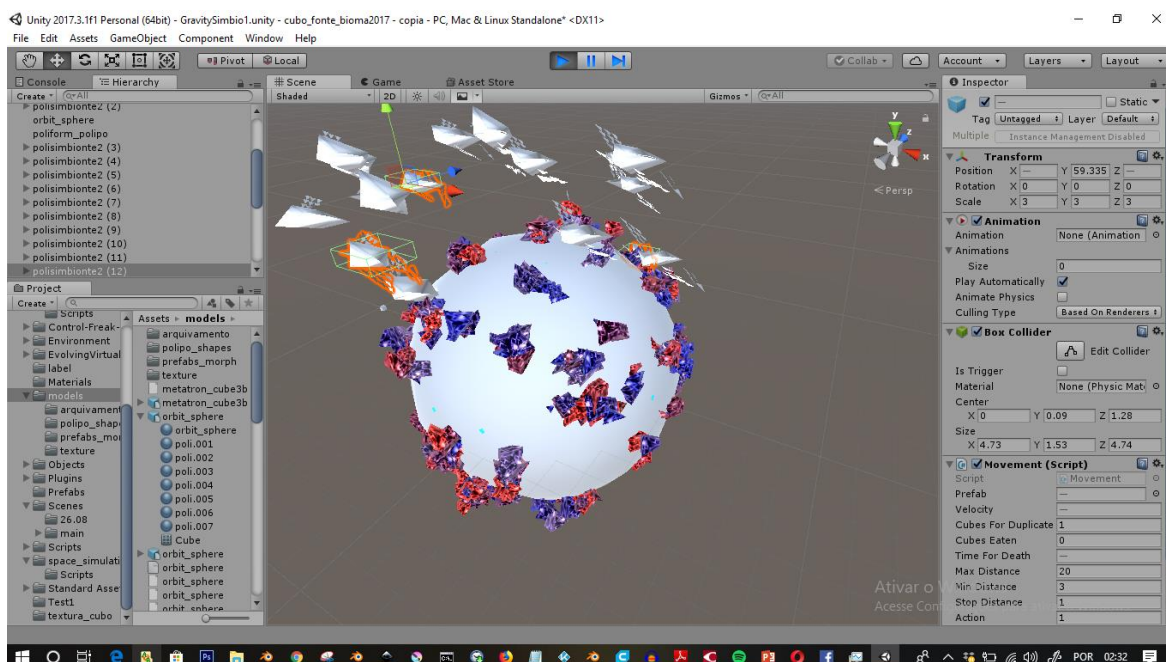
O campo aberto pelo uso de algoritmos genéticos e programação genética é essencialmente novo no campo da computação. Por serem poderosas em sua potencialidade para a resolução de problemas, essas ferramentas têm sido usadas em diversos trabalhos de diferentes áreas do conhecimento, desde a mineração de

dados e a biologia molecular até tarefas de otimização de diversos tipos e no projeto de circuitos digitais (GECCO, 2000, p. 3).

As estruturas manipuladas dentro do *gamearte* também estão associadas a como essas técnicas podem se relacionar. A ferramenta utilizada para a criação do *gamearte Unity 3D*, por exemplo, viabiliza a utilização das duas técnicas ao mesmo tempo, pois permite que diferentes algoritmos ou conjunto de programas possam interagir na mesma cena e gerar resultados inesperados quando o *gamearte* está em execução.

A imprevisibilidade desses resultados aqui descrita reside na emergência de comportamentos que ocorrem a partir da interação entre os elementos do *gamearte* (vidas artificiais e interagentes) e de como essa interação norteia os panoramas coletivos dentro dos ecossistemas digitais. De um ponto de vista estético, tais resultados não podem ser diretamente trabalhados, sua manipulação parcial ocorre por meio da configuração das variáveis que compõem as propriedades das vidas artificiais, ou seja, o que pode ser trabalhado em nível estético dentro do *gamearte* seria a arquitetura de propriedades de cada um dos elementos interativos presentes no mesmo. A seguir, na figura 37, eis uma captura de tela desses algoritmos em execução na interface do *Unity 3D*.

Figura 37 – Algoritmos de duplicação e modificação morfológico em execução no *Unity 3D*



Fonte: Ronaldo (2019)

Explicando a interface do *Unity* 3D apresentada na figura 39, à esquerda de quem olha para a tela, tem-se, de cima para baixo, a lista de objetos em cena, na qual todos os objetos presentes na cena estão listados, podendo ser selecionados e manipulados de acordo com a necessidade, e o gerenciador de arquivos do projeto. Ele é mostrado do lado esquerdo à árvore das pastas e do lado direito do gerenciador, o conteúdo da pasta selecionada, como acontece quando se está navegando pelo sistema operacional de qualquer computador.

No centro, existe a área de trabalho da cena, na qual os elementos do *gamearte* e seus algoritmos são posicionados e acima da área de trabalho nota-se a aba da tela de execução do jogo, em que o mesmo pode ser visto em execução quando necessário ou congelado e a aba da loja virtual do *game*, na qual componentes interessantes para o projeto do *gamearte* podem ser adquiridos, por meio de pagamento ou não, e incorporados diretamente no projeto.

No lado extremo direito de quem está olhando para a tela, tem-se a aba de inspeção, na qual as propriedades, algoritmos e demais componentes instalados em um objeto selecionado em cena podem ser vistos e manipulados de acordo com a necessidade do projeto. É nessa aba que comportamentos importantes, propriedades estratégicas e algoritmos vitais podem ser incorporados ao objeto do *gamearte*, a fim de que este possa assumir os mais diversos comportamentos e dinâmicas.

Em síntese, essas são as funcionalidades principais apresentadas na figura 39.

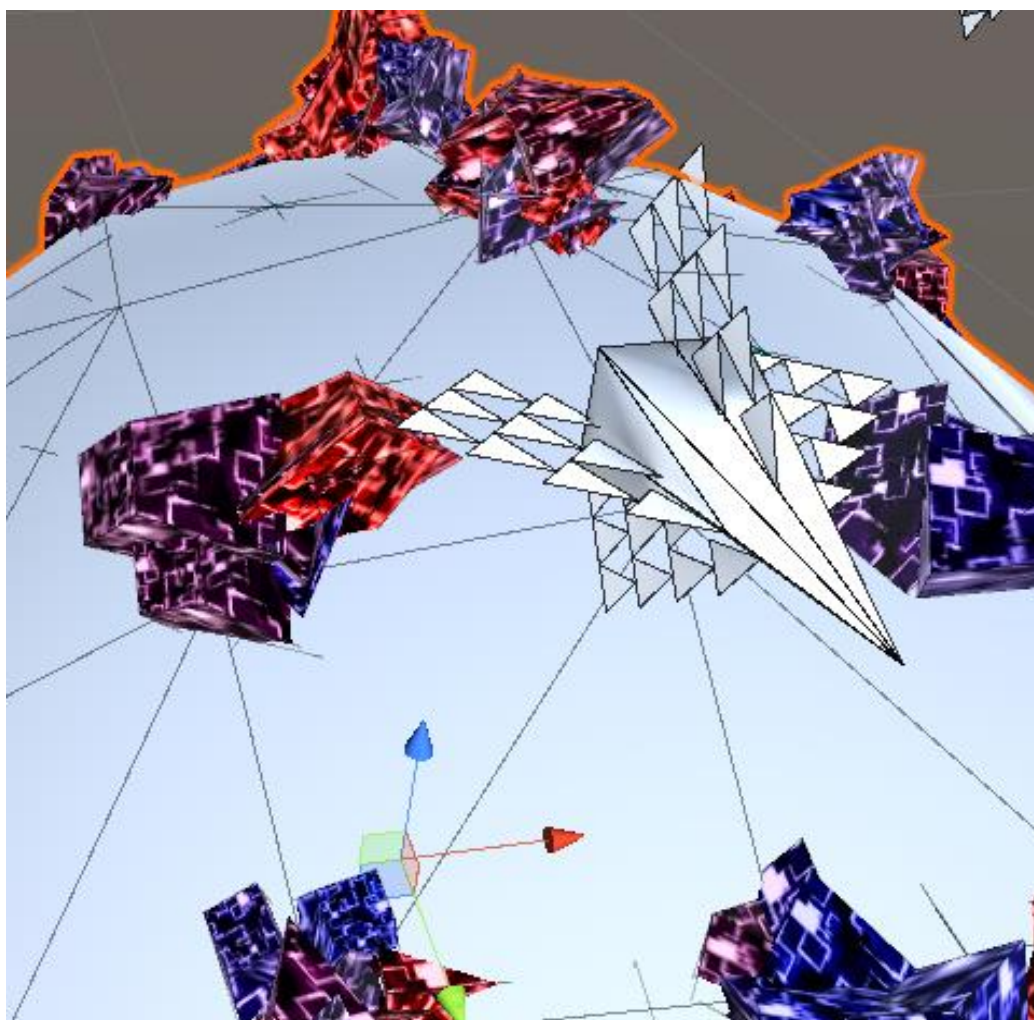
3.2 Algoritmos genéticos

O desenvolvimento de simulações computacionais de cunho genético teve início entre os anos 50 e 60 do século XX, por meio do trabalho de diversos biólogos, mas a pesquisa nessa área começou a avançar realmente com as pesquisas de John Holland, que foram as primeiras voltadas para esse tema nessa época. Em 1975, Holland lançou um livro intitulado *Adaptation in natural and artificial systems*, o ponto de partida para os algoritmos genéticos (POZO, 2004, p. 5).

Nos anos 80, David E. Goldberg, aluno de Holland, obteve o primeiro resultado prático na aplicação de algoritmo genético em nível industrial. A partir daí, os algoritmos passaram a ser usados largamente na resolução de problemas de otimização e aprendizado de máquinas.

Entre os algoritmos genéticos presentes em Tecno_Bioma, podem-se citar os simbiotes que se alimentam do Recife Digital. Seus atributos têm como base as características de microrganismos denominados de protozoários. Eles emulam o comportamento e a reprodução desses seres, no intuito de controlar a população dos Recifes Digitais que, sem a sua ajuda, cresceriam de forma desordenada no jogo. Tal simulação não seria possível sem a ajuda de algoritmos genéticos, que determinam se as espécies de simbiotes irão sobreviver ou se extinguir no *gamearte*. Na figura 38, pode-se ver o simbiote ao centro.

Figura 38 – Imagem do simbiote



Fonte: Ronaldo (2019)

Geralmente, os algoritmos genéticos emulam basicamente os processos naturais de sobrevivência e a reprodução das populações, os quais agem em prol de sua evolução. No ambiente natural, os indivíduos competem entre si, visando à sua sobrevivência, seja no ato de conseguir alimento seja no intuito de reprodução. Os espécimes mais aptos conseqüentemente terão mais descendentes e os menos aptos, não. Dessa forma, os requisitos para a aplicação de um algoritmo genético segundo a seleção natural são:

- Representação das possíveis soluções de um problema em forma de código genético;
- População inicial suficiente para permitir que os algoritmos façam combinações de características em prol de novas soluções;
- Utilização de um método que possa medir a qualidade de uma solução potencial;
- Um procedimento de combinação de novas soluções para que o algoritmo possa produzir novos indivíduos na população;
- Um padrão de escolha de soluções que permanecerão na população ou que permanecerão nela;
- Um procedimento periódico para inserir alterações nas soluções implementadas na população. Assim, se mantém a diversidade populacional e a expectativa de soluções novas para a avaliação no procedimento de seleção dos mais aptos.

Dessa forma, o funcionamento básico dos algoritmos genéticos, se considerada a seleção natural, consiste em tratar as possíveis soluções de um problema como “indivíduos” de uma “população”, a qual irá evoluir a cada iteração ou geração. Para viabilizar esse sistema, é preciso conceber um modelo de evolução em que o indivíduo da população seja a solução de um problema.

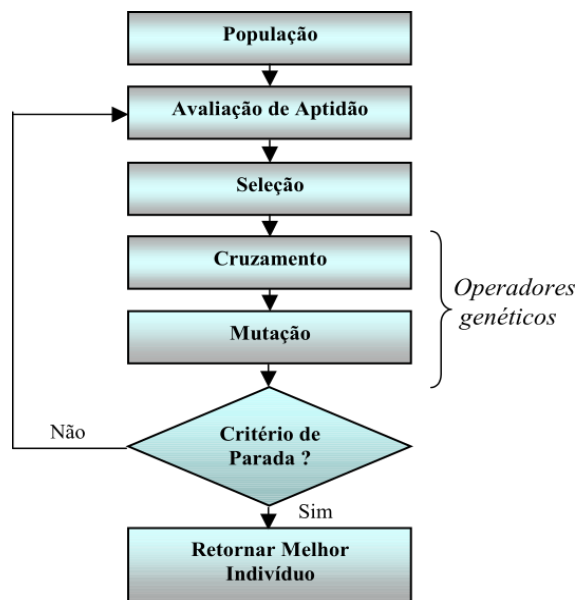
A execução desse processo segue os seguintes passos:

- De início, escolhe-se uma população com indivíduos criados aleatoriamente;
- Depois, avalia-se toda a população segundo um critério de avaliação que analisa a qualidade do indivíduo dessa população. Esse critério é chamado de “função de aptidão” ou “*fitness*”;

- Em seguida, por meio do operador de seleção, são separados os indivíduos melhor avaliados pela função de aptidão, a fim de criar um novo grupo de indivíduos, denominado de “nova geração”;
- Essa nova geração é alcançada por meio da aplicação nos indivíduos selecionados de procedimentos que misturem suas características por meio de operadores de cruzamento e mutação;
- Esses passos são repetidos até que o algoritmo encontre o resultado mais adequado, até que o número de passos predeterminados seja atingido ou até que o algoritmo não consiga melhorar mais uma solução encontrada.

Os principais componentes dos passos acima podem ser consultados na figura 39 abaixo.

Figura 39 – Fluxograma de funcionamento de um algoritmo genético



Fonte: <https://goo.gl/KSA4Qy>

Em Tecno_Bioma, no entanto, a abordagem do algoritmo genético não é exatamente focada na seleção do indivíduo mais apto como solução do sistema, mas na manutenção da comunidade formada pelos indivíduos que a compõem. Nos algoritmos usados no *gamearte*, não existem critérios de seleção dos indivíduos mais interessantes e eliminação dos indivíduos de menor interesse. Há simplesmente um mecanismo de expectativa de vida que elimina o indivíduo quando ele já cumpriu o seu tempo de vida no *gamearte*, no caso dos simbioses, ou que o elimina pelo fato de ele ter sido consumido, no caso do Recife Digital.

Inclusive a variável de tempo de vida dos simbioses é randômica, ou seja, alguns podem durar mais e outros menos tempo. Assim, o ambiente pode ser considerado como tendo seleção randômica, e as variáveis são definidas para manter a comunidade de elementos do *gamearte*, não se importando com quais são mais eficientes ou não. Sistemicamente, essa não é uma preocupação do sistema. Assim, os requisitos observados em Tecno_Bioma são:

- Criação das vidas artificiais com os atributos necessários ao funcionamento e à manutenção do ecossistema, de modo a promover a estabilidade dinâmica do ambiente;
- Definir códigos que forneçam modificação estrutural e comportamental randômica para os indivíduos, de modo a tornar o sistema expressivamente autoadaptativo;
- Criação de um banco de dados que consiga gravar o estado geral dos elementos do *gamearte* quando este for desligado pela falta de interagentes, de modo a restaurá-lo a esse último estado quando o próximo interagente acessar o ambiente;
- Tolerância a todos os indivíduos gerados no *gamearte* enquanto durarem nele.

3.3 População

A população de um algoritmo genético é o conjunto de indivíduos que foram caracterizados como soluções e serão usados para criar uma nova geração de indivíduos para estudo. O tamanho da população afeta diretamente o desempenho do algoritmo genético; se a população for pequena, pode não haver diversidade suficiente para que o algoritmo encontre soluções realmente viáveis; se a população for muito grande, isso pode demandar mais poder de processamento computacional e a solução a ser encontrada pelo algoritmo pode demorar acentuadamente para ser processada pelo sistema.

Atualmente, as populações presentes em Tecno_Bioma não estão sendo realmente selecionadas pelo algoritmo. No entanto, 4 tipos de vetores variáveis estão configurados no *gamearte*, sendo eles: expectativa de vida, forma,

velocidade, nível de consumo para fins de reprodução e ciclo de reprodução dos pólipos digitais.

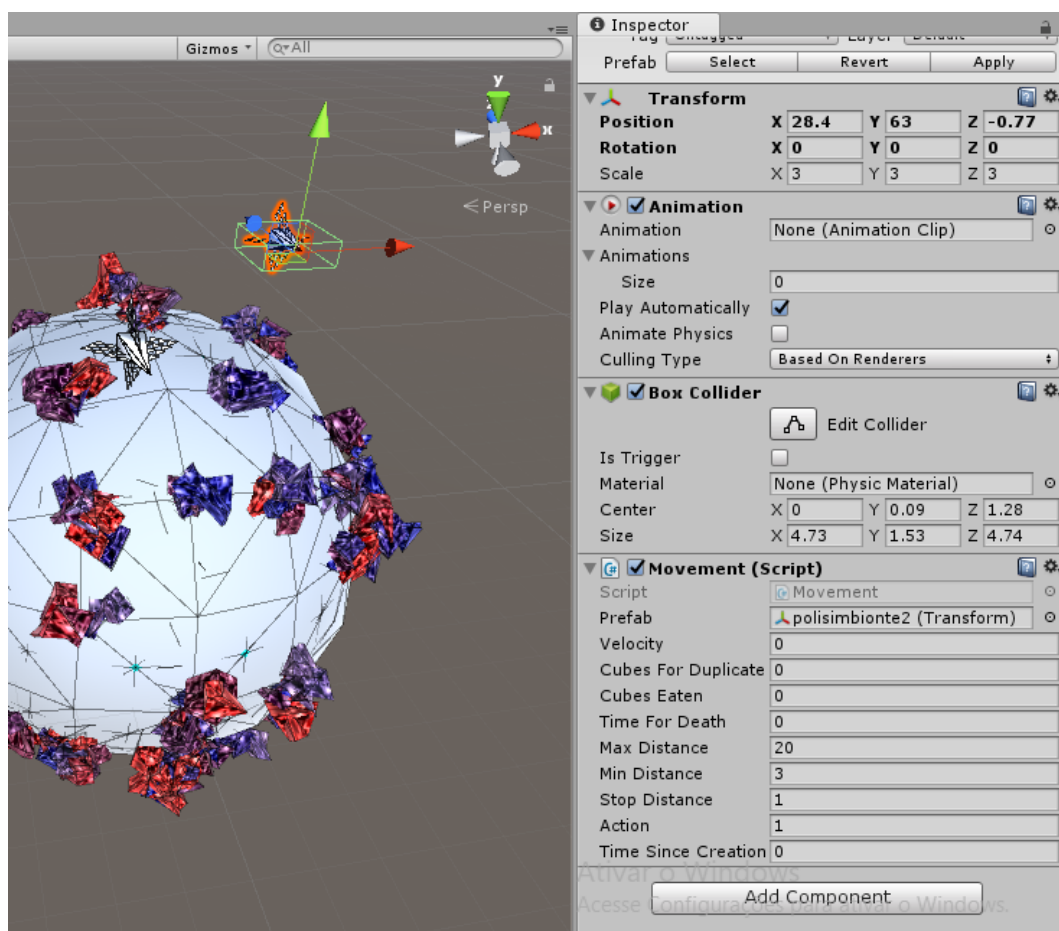
O vetor de expectativa de vida determina quanto tempo um simbiote pode viver e quanto tempo ele tem para se reproduzir, a fim de manter a espécie longe da extinção. Já no caso dos pólipos digitais, sua expectativa de vida é quase infinita e estes só podem morrer se forem consumidos pelos simbiotes.

A forma determina, tanto no caso do simbiote quanto no caso do pólipo digital, que configurações estruturais as vidas artificiais vão assumir a cada nova geração de indivíduos e isso, *a priori*, pode determinar como outros vetores variáveis vão agir no decorrer da existência dessa vida artificial.

A velocidade determina o ritmo de movimento dos simbiotes. Em relação aos pólipos digitais, essa variável é nula, pelo fato de os mesmos ficarem inertes no ambiente. O ritmo de movimento pode ser decisivo para o simbiote, uma vez que, dependendo de sua velocidade, ele poderá ter mais chances de se reproduzir ou não, o que pode representar a perpetuação de sua espécie ou não.

O nível de consumo diz respeito a quantos pólipos digitais um simbiote precisa comer para adquirir temporariamente a capacidade de se reproduzir, o que torna essa variável importante para a manutenção da espécie, já que determina que, se os simbiotes não consumirem, eles não se reproduzem. Na figura 40 a seguir, encontram-se as variáveis e propriedades dos simbiotes à esquerda.

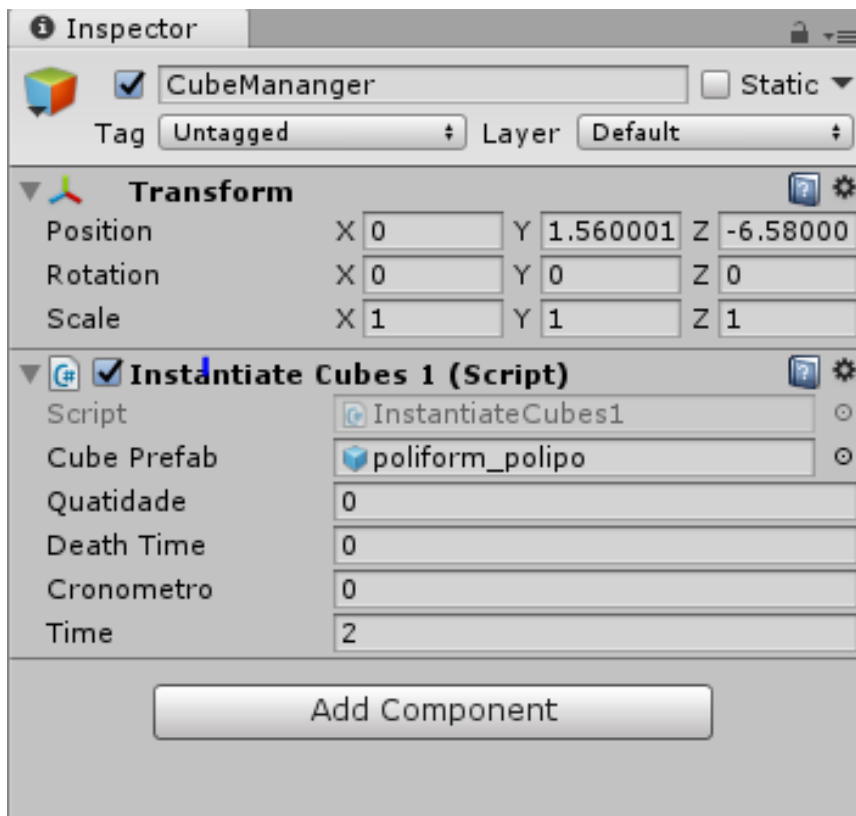
Figura 40 – Variáveis relacionadas aos simbiosites



Fonte: Ronaldo (2019)

Em relação ao ciclo de reprodução dos pólipos digitais, essa variável determina quantos pólipos digitais surgem a cada ciclo. O intervalo de tempo entre esses ciclos pode ser, em geral, bem diminuto, gerando poucos pólipos digitais a cada intervalo. Essa variável é vital para o *gamearte*, porque, se a quantidade de pólipos que surgirem a cada geração for muito alta, pode haver uma superpopulação de simbiosites; o que pode, por fim, colapsar o ecossistema e travar completamente o *gamearte*. Por esse motivo, optou-se por configurar no algoritmo um intervalo de variação pequeno para as quantidades de pólipos digitais a cada ciclo. Na figura 41, são mostradas algumas dessas variáveis.

Figura 41 – Variáveis relacionadas aos pólipos digitais



Fonte: Ronaldo (2019)

Essas variáveis, por si só, já estão selecionando as populações do *gamearte* de forma sensivelmente caótica, ao se escolher as variações mais promissoras e deletando as menos promissoras de acordo com critérios emergentes que ainda não estão sendo registrados atualmente pelo *gamearte*.

Em síntese, existem variáveis determinando eventos imprevisíveis dentro de Tecno_Bioma, mas ainda não existe nenhum algoritmo registrando os espécimes mais ou menos promissores para o *gamearte*. De modo a manter a imprevisibilidade do sistema de Tecno_Bioma, quando esse algoritmo de controle for implementado, ele terá também um caráter randômico; ou seja, em vez de determinar um critério para selecionar os indivíduos nos ecossistemas digitais, o algoritmo de controle selecionará aleatoriamente os indivíduos de cada categoria de vida artificial (pólipos digitais e simbiontes), a fim de guardar suas características essenciais em um banco de dados para novas vidas artificiais que surgirem, à medida que o jogo avançar no tempo, de modo que o *gamearte* não tenha que começar do zero, caso, por algum motivo, este tenha que ser reiniciado ou desligado por algum período. Nesse contexto, talvez esse futuro algoritmo de

controle deva ser chamado de algoritmo de manutenção em vez disso, uma vez que não seleciona as populações mais promissoras, apenas coleta dados aleatoriamente sobre essas populações, de maneira a manter a estrutura base do ecossistema digital funcionando.

Essencialmente, esse algoritmo de manutenção pode ser considerado um mecanismo de salvaguarda que garantirá a irreversibilidade do sistema, a medida que este desenvolve e evolui com o tempo, tornando a complexidade do *gamearte* maior e mais rica ao longo de sua evolução; colocando-o intrinsecamente vinculado a seta do tempo.

3.4 Indivíduos

O ponto de partida para usar o algoritmo genético para a resolução de problemas é a caracterização adequada desses problemas, de modo que o algoritmo genético possa agir corretamente sobre eles. Uma das principais formas de trabalhar isso é atribuir uma sequência de valores para cada atributo e caracterizar o indivíduo como o conjunto desses atributos reunidos nele (POZO, 2004, p. 8). A organização desses atributos usando o próprio alfabeto do atributo a ser representado (como letras, códigos, números reais, forma, etc.) também é muito utilizada na representação do indivíduo (op. cit.).

Inúmeras outras formas são possíveis, o que vai determinar qual o tipo de atributo do indivíduo está intimamente ligado ao tipo de problema a ser abordado. Em relação ao Tecno_Bioma, essa abordagem foi pensada de modo a estabelecer um conjunto de atributos para cada vida artificial, a fim de determinar entre elas uma relação ecológica de interdependência, no intuito de estabelecer uma relação constante e perene que pudesse se configurar num ecossistema digital.

Nas vidas artificiais constituintes dos ecossistemas digitais, foram postuladas variáveis randômicas e relações de interdependência entre elas, as quais são importantes para manter a estabilidade do próprio *gamearte*. A relação estabelecida foi a do simbiote como consumidor e a do pólipo digital como produtor de energia. A problemática a qual definiu essa relação foi baseada na natureza de cada vida artificial.

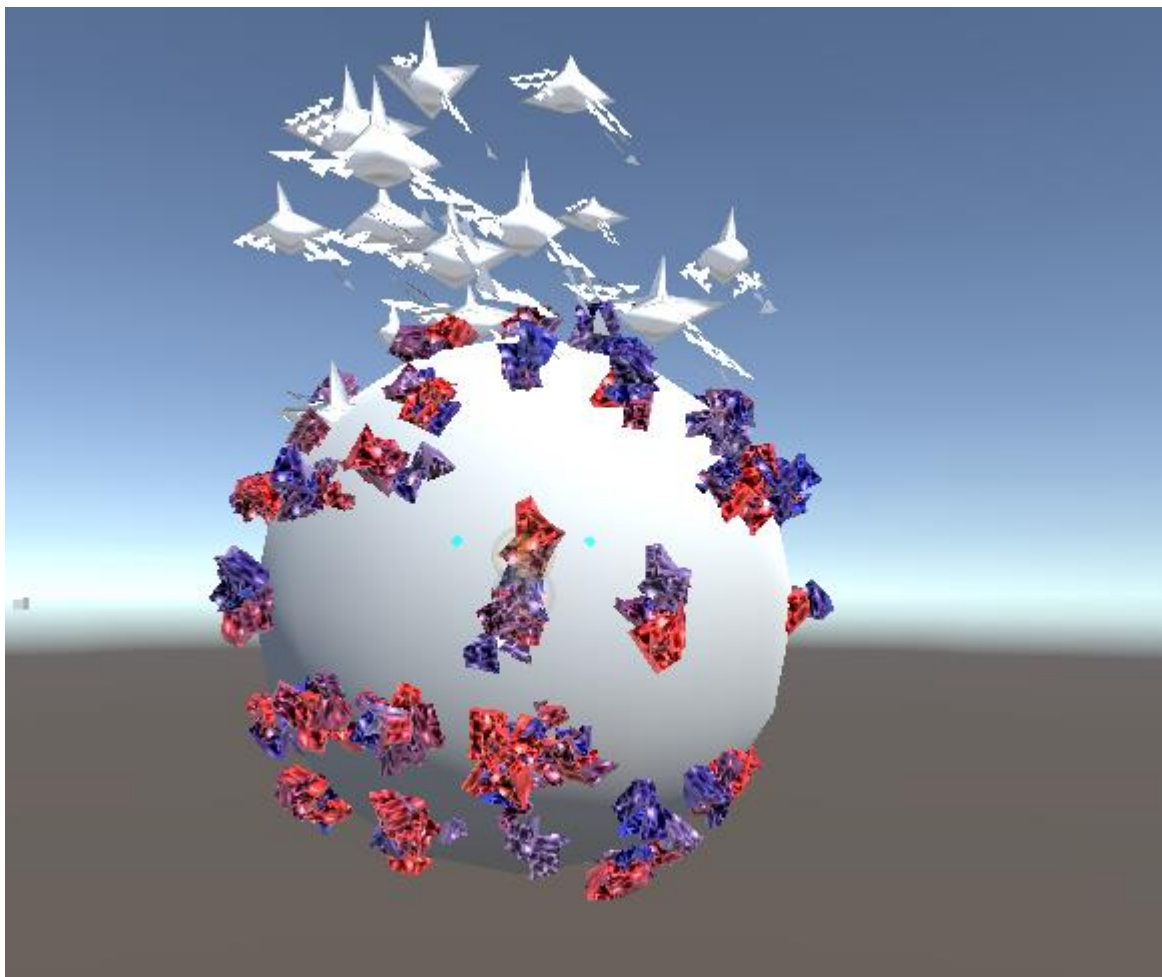
O *gamearte* precisa de uma estabilidade de processamento para se manter em execução; dessa forma, a natureza do pólipo deixa o sistema em desequilíbrio, pois ele se reproduz indefinidamente e não desaparece ao longo do tempo, gastando recurso de processamento para se manter no ecossistema, o que pode fazer com que, a médio e a longo prazo, o *gamearte* simplesmente trave.

A fim de impedir essa situação-limite, o simbiote foi criado de modo a conter o crescimento dos pólipos digitais por meio da capacidade de consumi-los, com o propósito de garantir a sua capacidade de reprodução. Para que os simbiontes também não se tornassem um outro problema de superpopulação para os ecossistemas digitais, outras variáveis randômicas como expectativa de vida e limite de consumo para reprodução foram instanciadas em seu algoritmo, para que sua população se mantivesse numa frequência adequada para o seu meio ambiente.

Essa interação entre simbiontes e pólipos digitais foi a base para o desenvolvimento do primeiro ecossistema digital e das questões subsequentes da pesquisa. A partir desse ponto, todo o raciocínio a respeito das relações ecológicas dentro do *gamearte* foram estruturadas; ou seja, a condição básica para o desenvolvimento dos ecossistemas digitais surgiu a partir de uma necessidade de se resolver um problema sistêmico da primeira versão do sistema.

Em síntese, a problemática do *gamearte* foi pensada, desde seu início, em termos ecológicos, de modo a emular em ambiente digital o que ocorreria semelhantemente em um ambiente empírico. Na figura 42, a seguir, é mostrado um exemplo destes indivíduos artificiais interagindo dentro de um dos ecossistemas digitais de Tecno_Bioma.

Figura 42 – Indivíduos artificiais em ação dentro de Tecno_Bioma



Fonte: Ronaldo (2019)

3.5 Avaliação de aptidão

A avaliação de aptidão é considerada o componente mais importante do algoritmo genético. Neste componente, será testado o nível de aptidão de cada indivíduo da população por meio de uma função determinada. Isso é necessário para saber o quanto esse componente está próximo da solução adequada ou o quão boa ela é para a resolução do problema a ser resolvido pelo algoritmo genético.

Em diversas situações, é imperativo que essa função seja altamente representativa, diferenciando corretamente as más soluções das boas. Caso contrário, uma ótima solução pode ser posta de lado, além da tarefa de demandar

muito mais tempo de processamento da máquina por conta de soluções pouco promissoras.

Na abordagem do problema em si não é exigida, em última análise, a criação de uma função de aptidão muito restrita. Como foi dito anteriormente, a função de seleção de indivíduos ainda não está implementada em Tecno_Bioma, apenas as variáveis que poderão ser analisadas para uma futura seleção de características das vidas artificiais.

Em relação a isso, como postulado previamente, a função de aptidão que será usada no *gamearte* vai selecionar aleatoriamente as vidas artificiais, de modo que não se terá um controle estrito sobre quais serão as características mais desejáveis e as menos desejáveis para a estabilidade do ecossistema digital. Isso acontece devido ao fato de que o foco reside no *gamearte* em relação à diversidade de atributos em detrimento das soluções mais adequadas.

É certo que a estabilidade dos ecossistemas digitais é essencial no *gamearte*; no entanto, para que sua complexidade emergente seja espontânea, conservar um índice de aleatoriedade na função de aptidão é também importante para a manutenção dessa espontaneidade.

Neste aspecto, a função de aptidão, contribuirá para o desenvolvimento de um algoritmo de banco de dados, como foi explicado anteriormente, no qual estarão salvos diversos aspectos dos ambientes do *gamearte* a medida em que este se desenvolver. Como dito anteriormente, uma de suas finalidades será incrementar a espontaneidade do processo de evolução do Tecno_Bioma. Neste aspecto, ao lhe atribuir uma natureza randômica, a função de aptidão faz a transição de uma funcionalidade regular, para uma funcionalidade caoticamente dinâmica; ao se adotar um caráter randômico para sua natureza de variável computacional, se permitirá que os ecossistemas digitais, nos quais tal variável estará inserida, ficarão mais próximos de entes vivos simbolicamente falando.

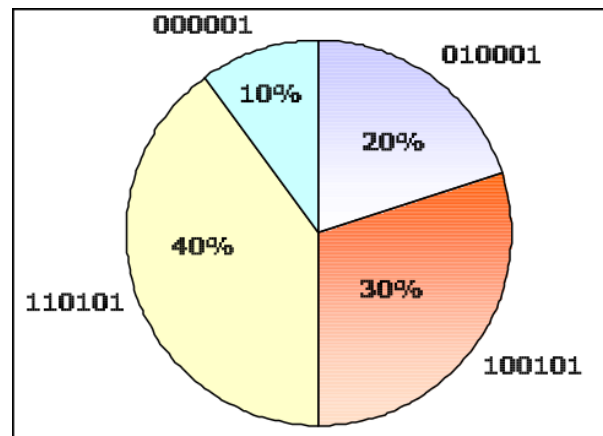
3.6 Seleção

Numa população em que cada indivíduo tem um valor de aptidão atribuído, há diversos métodos para a seleção dos indivíduos nos quais serão aplicados os

operadores genéticos. Entre esses métodos existem o método de seleção por roleta e o método de seleção por torneio.

No método por roleta (figura 43), cada indivíduo da população é representado na roleta de acordo com o seu índice de aptidão. Dessa forma, os indivíduos com índice mais alto recebem uma fatia maior da roleta e os de índice mais baixo ficam com uma fatia correspondentemente menor.

Figura 43 – Método de seleção por roleta



Fonte: <https://goo.gl/KSA4Qy>

Um dos problemas encontrados nesse método pode estar no tempo de processamento, pois o procedimento implica em 2 passagens por todos os indivíduos da população. Na figura 44, segue um exemplo de implementação desse método segundo Mitchell (1997, p. 166).

Figura 44 – Algoritmo básico do método de seleção por roleta

Início

T = soma dos valores de aptidão de todos os indivíduos da população

Repita N vezes para selecionar n indivíduos

r = valor aleatório entre 0 e T

Percorra sequencialmente os indivíduos da população, acumulando em S o valor de aptidão dos indivíduos já percorridos

Se $S \geq r$, então

selecione o indivíduo corrente

Fim se

Fim Repita

Fim

Fonte: Ronaldo (2017)

Outro método de seleção interessante é a seleção por torneio, em que um número de indivíduos n da população é escolhido randomicamente para compor uma subpopulação provisória. Desta seleção, o indivíduo escolhido dependerá de uma probabilidade k definida previamente. Segue abaixo um exemplo básico da implementação deste algoritmo, demonstrado na figura 45.

Figura 45 – Algoritmo básico do método de seleção por torneio

Início

$k = 0.75$

Repita N vezes

Escolha 2 indivíduos da população aleatoriamente

$r =$ valor aleatório entre 0 e 1

Se $r < k$,

o melhor indivíduo é escolhido

Senão,

o pior indivíduo é escolhido

Fim se

Fim Repita

Fim

Fonte: Ronaldo (2019)

O método é muito utilizado devido ao fato de ele, como vantagem, não exigir que a comparação aconteça entre todos os indivíduos da população (BANZHAF, 1998, p. 132).

Dos métodos citados, o que será usado no Tecno_Bioma será o de torneio, pois sua natureza randômica é mais compatível com a proposta do *gamearte* ser

um bioma digital com complexidade emergente e imprevisível em diversos aspectos. Implementar uma função probabilística como algoritmo de seleção é uma forma eficiente de garantir um nível de aleatoriedade maior para o sistema, garantindo, dessa forma, um nível mensurável de aleatoriedade para o ecossistema.

A aleatoriedade é importante para os ecossistemas digitais devido ao fato da mesma garantir um nível de independência para os sistemas computacionais que o aproximam, em essência, de sistemas vivos empíricos, o que é uma das bases da pesquisa desenvolvida até o presente momento. Tornar os ambientes de Tecno_Bioma cada vez mais independentes de uma pré-programação é necessário para que o mesmo possa atingir complexidades não previstas, tanto de comportamento quanto de forma, que os façam atingir instâncias desconhecidas até o momento.

3.7 Operadores genéticos

A premissa básica dos operadores genéticos é transformar a população por sucessivas gerações até que sua busca chegue a um resultado adequado. Esses operadores são necessários na diversificação da população e para que esta conserve atributos de adaptação adquiridas pela passagem das gerações. Cruzamento e mutação possuem uma função primordial num algoritmo genético.

A utilização de operadores genéticos em Tecno_Bioma está prevista, mas não completamente implementada. Houve uma série de percalços a esse respeito que serão abordados no próximo capítulo.

De modo geral, os operadores genéticos são importantes para o *gamearte*, no sentido de que será por meio deles que os ambientes dos ecossistemas digitais se diferenciarão entre si, à medida que a execução do Tecno_Bioma avançar no tempo. Dessa forma, os operadores genéticos têm uma relação intrínseca com a seta do tempo, pois os mesmos precisam do tempo como variável sistêmica para desenvolver seus processos em prol do aumento da complexidade dos ambientes do *gamearte*. A interação entre as vidas artificiais, por meio dos operadores genéticos, as quais gerarão as complexidades dos ambientes de Tecno_Bioma ao

longo de um período de tempo, serão um registro perene da irreversibilidade presente no conceito de seta do tempo usado na pesquisa.

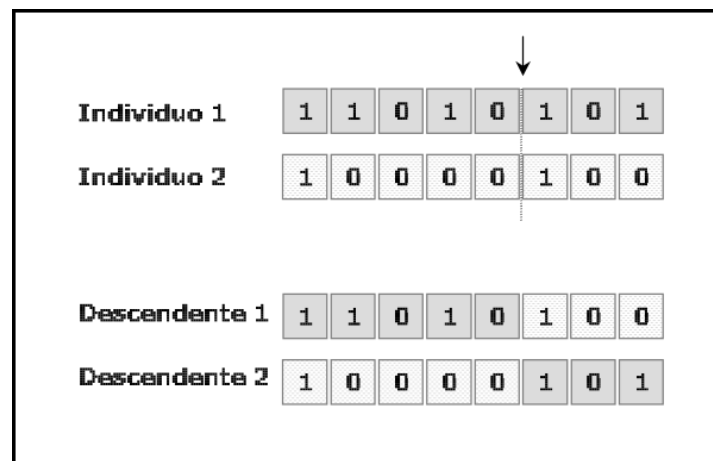
Atualmente, o operador que está implementado no *gamearte* é o de mutação, por meio do qual as vidas artificiais mudam de forma a cada novo ciclo de reprodução. Futuramente, o operador de cruzamento também será implementado. A seguir, será explicado como funciona esses dois operadores e como eles são ou serão utilizados no *gamearte*.

3.8 Cruzamento (*Crossover*)

Considerado o operador genético predominante, por meio do cruzamento (*Crossover*) novos indivíduos são criados misturando as características de outros dois indivíduos “pais”. A mistura é feita ao tentar emular o processo de reprodução de genes das células. O produto dessa operação é um indivíduo que de maneira potencial combine os melhores atributos dos componentes usados como “pais”.

Certos tipos de cruzamento largamente utilizados são o cruzamento em um ponto e o cruzamento em dois pontos, mostrados na figura 46 abaixo.

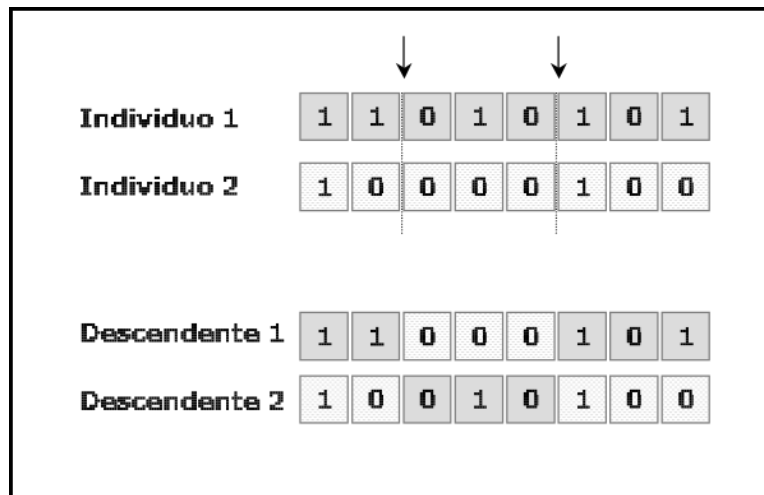
Figura 46 – Cruzamento em um ponto



Fonte: <<https://goo.gl/KSA4Qy>>

Em um ponto de cruzamento, seleciona-se randomicamente uma zona de corte no cromossomo. Cada descendente recebe informação genética dos pais (figura 47 a seguir).

Figura 47 – Cruzamento de dois pontos



Fonte: <<https://goo.gl/KSA4Qy>>

O crossover, como dito anteriormente, ainda não foi implementado no *gamearte*. Quando for implementado, ele será utilizado no *gamearte* no intuito de aumentar a diversidade entre as vidas artificiais. Ele será aplicado tanto entre os simbioses quanto nos pólipos digitais.

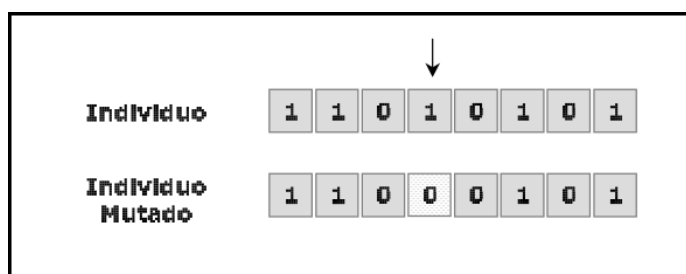
Nos simbioses, a função será adotada tornando alguns atributos de forma, presentes atualmente na configuração deles, intercambiáveis entre os indivíduos via simulação de acasalamento ou troca direta de atributos via colisão para reprodução de descendentes diversos. No caso dos pólipos, essa troca ocorrerá de forma um pouco diferente. Os pólipos digitais deverão se colidir entre si, trocando atributos de forma, expectativa de vida e cores.

Estas variações promovidas pelo cruzamento, quando estiverem devidamente implementadas no Tecno_Bioma, tanto no caso dos simbioses quanto no caso dos pólipos digitais, aumentarão o nível de imprevisibilidade do *gamearte* na medida em que este processo tornará possível a troca de características entre as vidas artificiais, podendo tal característica se manter, seja ela qual for, durante várias gerações dentro dos ambientes por causa de fatores diversos. Aliado a mutação, que explicado mais à frente, o cruzamento pode promover o surgimento de novos tipos de vida artificiais que possam vir a desenvolver afinidades ocasionais não predefinidas nos algoritmos do *gamearte*.

3.9 Mutação

Nesta operação, alguma característica do indivíduo é escolhida aleatoriamente para receber uma modificação (figura 47). Essa modificação é importante, porque cria novos valores de atributo que não existiam ou apareciam em menor quantidade na população analisada. O operador de mutação é importante para o aumento da diversidade da população. Assim, a mutação garante que a possibilidade de se alcançar qualquer ponto no espaço da população será diferente de zero. Esse operador é aplicado aos indivíduos por meio de uma taxa frequentemente pequena, como na figura 48.

Figura 48 – Mutação Simples



Fonte: <<https://goo.gl/KSA4Qy>>

Atualmente, variáveis que compõem a operação de mutação estão implementadas nas formas estruturais das vidas artificiais. Outros atributos como expectativa de vida e velocidade também receberam variáveis randômicas, a fim de tornar a imprevisibilidade do *gamearte* mais alta.

No momento, esses atributos estão variando intensamente. A cada ciclo de reprodução dos pólipos digitais e dos simbiotes, os indivíduos da próxima geração podem estar com valores e formas totalmente diferentes da geração anterior. Não há um critério específico para que essas mutações ocorram, apenas um intervalo de valores finitos entre o qual qual esses valores se alternam.

Mesmo quando o *Crossover* for implementado no *gamearte*, o operador de mutação continuará ativo, de modo a tornar as populações dos ecossistemas digitais cada vez mais diversas, pois sua atuação torna a diversificação das vidas artificiais mais rica, na medida em que aumenta a variabilidade de formas e comportamentos dentro do ambiente; a importância dessa variabilidade reside no fato dela tornar o *gamearte* imprevisível, dando-lhe um caráter de espontaneidade. Essa espontaneidade ocorre na medida em que os algoritmos de mutação dão ao sistema um como determinados processos podem ser executados e não como eles devem ser executados, ou seja, quando a intenção é tornar o algoritmo mais

imprevisível, usa-se intervalos de valores ao invés de valores exatos, como geralmente acontece com sistemas mais regulares.

Assim, o aspecto de mutação se torna essencial para o *gamearte*, na medida em que ele permite resultados imprevisos e espontâneos por meio da programação de potenciais, ao invés de valores exatos.

3.10 Geração

Dá-se o nome de “geração” à sucessão de novos conjuntos de indivíduos gerados a partir da população anterior. É por meio dessa sucessão de gerações em larga escala que se torna viável a utilização dos algoritmos genéticos para a obtenção de resultados e para a resolução de problemas.

Essa sucessão de gerações em Tecno_Bioma é o que possibilita todas as mudanças que ocorrem no ambiente e também é o que viabilizará a ação de outros componentes algorítmicos que serão implementados no *gamearte* posteriormente. Será mediante a sucessão de gerações que o interagente perceberá as mudanças ocorridas nos ambientes do bioma digital ao longo do tempo.

Dessa forma, a sucessão de gerações também é um dos aspectos do *gamearte* que permite a percepção da passagem do tempo e, por conseguinte, atua sob o controle do conceito da seta do tempo, o qual, como já foi dito anteriormente, só é possível se este estiver inserido em um referencial de irreversibilidade. Aqui a irreversibilidade assume um contorno de deposição, no caso dos pólipos e de mutação no que concerne aos simbiotes, ao considerar o tempo como irreversível dentro dos algoritmos de reprodução torna a manutenção da pesquisa viável, pois sem uma sucessão de gerações; o *gamearte* perderia muito de seu propósito e propostas iniciais, os quais envolve a manutenção e observação de ambientes ao longo de um período razoável de tempo.

No próximo capítulo, será analisado qual é a natureza da interação num ambiente multiusuário. Ambiente este em que diversos interagentes podem interagir ao mesmo tempo, gerando uma dinâmica poética mais diversificada.

4 IMPACTOS DO INTERAGENTE NO BIOMA ARTIFICIAL

Neste capítulo, será apresentado quais são os impactos que os usuários tiveram no ambiente do jogo ao longo do desenvolvimento e que alterações sua ação no ambiente acabou acarretando para o Tecno_Bioma estudado.

4.1 O interagente e o contexto de sua interação com as vidas artificiais nos ecossistemas digitais do *gamearte*

O Tecno_Bioma é composto por 16 ambientes semelhantes, que estão interligados através de um Cubo de Metatron o qual permite o acesso a esses ambientes. Cada ambiente tem o seu próprio tempo, sendo que este começa a correr quando o interagente está inserido nele; caso um ambiente fique sem nenhum usuário, o ambiente em questão permanecerá em um tempo congelado até que um novo interagente apareça no ambiente.

Essas evoluções do tempo, ativadas pela presença do interagente, dão a tônica de mudança nesses ambientes. Portanto, o tempo dentro do *gamearte* está em função do interagente, o qual alimenta o sistema com sua presença. Sem ela, o sistema congela. Esse congelamento, futuramente, será a base para um algoritmo de salvamento de estado que guardará aspectos dos ecossistemas digitais como, por exemplo, gerações e disposições das vidas artificiais presentes nos ambientes do Tecno_Bioma, numa base de dados enquanto eles estiverem em execução para, posteriormente, os mesmos serem carregados na próxima execução, e assim, o *gamearte* continua em execução aproximadamente do mesmo ponto no qual a execução anterior havia parado, caracterizando um contexto de “tempo compartilhado”.

No contexto da computação, tempo compartilhado é o tipo de tempo que ocorre quando um sistema entra em execução, é interrompido e continua o seu processamento do ponto em que este havia parado, ao invés de começar do zero como acontece em outros sistemas que precisam ser executados em tempo real, durante um longo período de tempo devido a natureza de seus algoritmos.

É importante frisar, nesse contexto, a palavra aproximadamente usada anteriormente para descrever o carregamento dos dados ambientais gravados da execução anterior, pois esse “aproximadamente” indica falta de precisão, ou seja,

quando esse algoritmo estiver implementado no sistema do gamearte, o mesmo não gravará esses dados ambientais de forma criteriosa. Para fins de economia de espaço e para equiparar essa gravação na base de dados com uma recordação digital, pois a mesma será imprecisa, mas não distorcida; ainda será uma gravação de estados ambientais, mas sua falta de exatidão na hora do salvamento, gerada pela aleatoriedade do algoritmo ao salvar o estado de elementos do gamearte, dará a ela um *status* de lembrança, acrescentando ao conceito de “tempo compartilhado”, citado anteriormente, um conceito adicional que na pesquisa foi denominado de “tempo lembrança” ou “tempo recordação”.

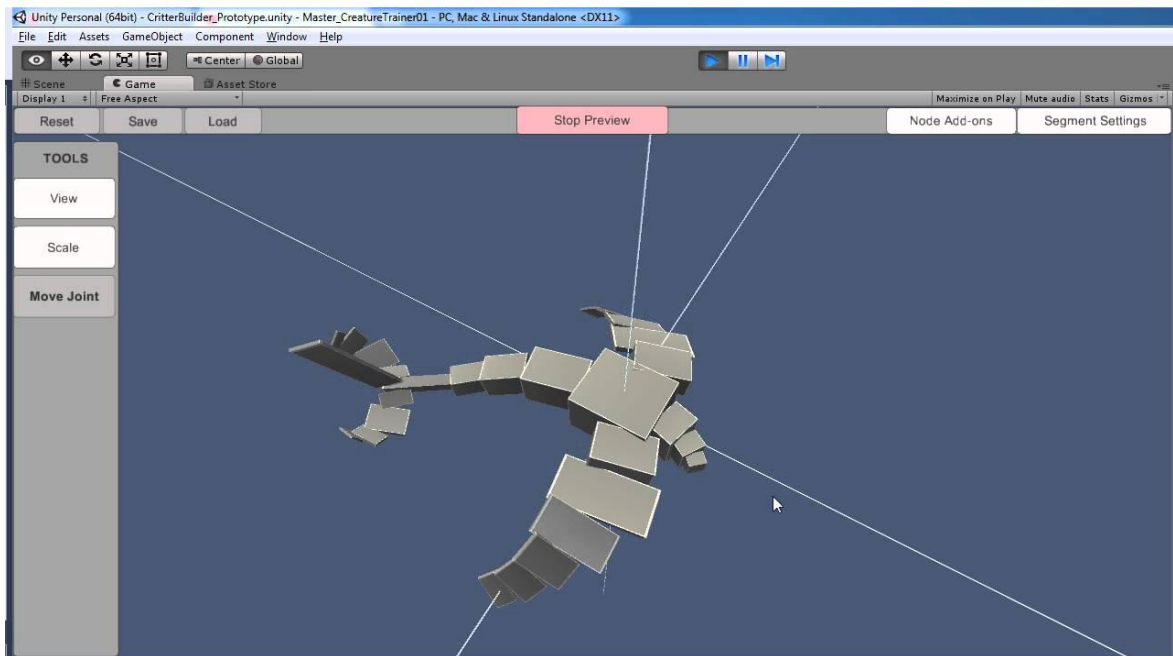
Resolveu-se chamar chamar essa variação de tempo compartilhado no intuito de fazer uma comparação com as lembranças e recordações geradas pela consciência. Afinal, recordações são reconstruções pouco exatas de fatos passados, reconstruções estas que possuem nível de subjetividade por serem geradas por organismos biológicos.

Então, o “tempo lembrança” adotado na pesquisa, é uma tentativa de aproximação metafórica entre um tempo de cunho psicológico no caso dos organismos vivos com um tempo inexato gerado pelo processamento do algoritmo.

4.2 Modificação das vidas artificiais de Tecno_Bioma para um algoritmo mais evolutivo

Diante dessa questão do tempo em função do interagente, foi iniciada a pesquisa de algoritmo genético para atualizar os simbioses, de modo que eles pudessem mudar sua estrutura visual, à medida que o tempo transcorresse dentro dos ecossistemas artificiais.

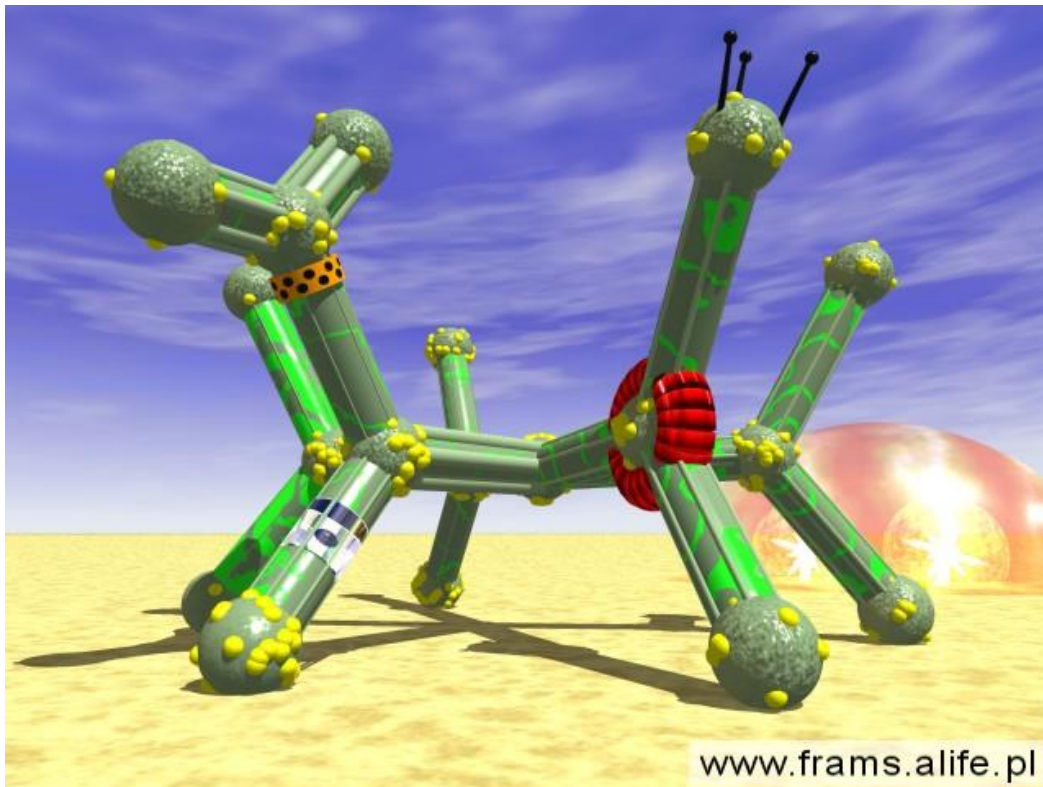
Para isso, começou-se pesquisando projetos de vida artificial gerados no *Unity 3D*, a fim de acelerar o projeto de vida artificial. Nesta busca, foi encontrado um usuário chamado Eaclou, cujo trabalho, exatamente o ponto de partida necessário, é mostrado a seguir. Na figura 49, encontra-se uma criatura do trabalho de Eaclou.

Figura 49 – Criatura criada por Eaclou

Fonte: <encurtador.com.br/aivy>

Entre outros artistas pesquisados pode-se citar também, Maciej Komosinski e Szymon Ulatowski, que trabalham em parceria para o desenvolvimento de vidas artificiais tridimensionais. Um de seus trabalhos que foi analisado na pesquisa foi a obra intitulada “Framesticks”, no qual eles usam cilindros e esferas conectadas para simular vidas artificiais esguias, que lembram arranjos moleculares, às quais possuem um comportamento autônomo, a seguir, na figura 50, é mostrado uma dessas criaturas:

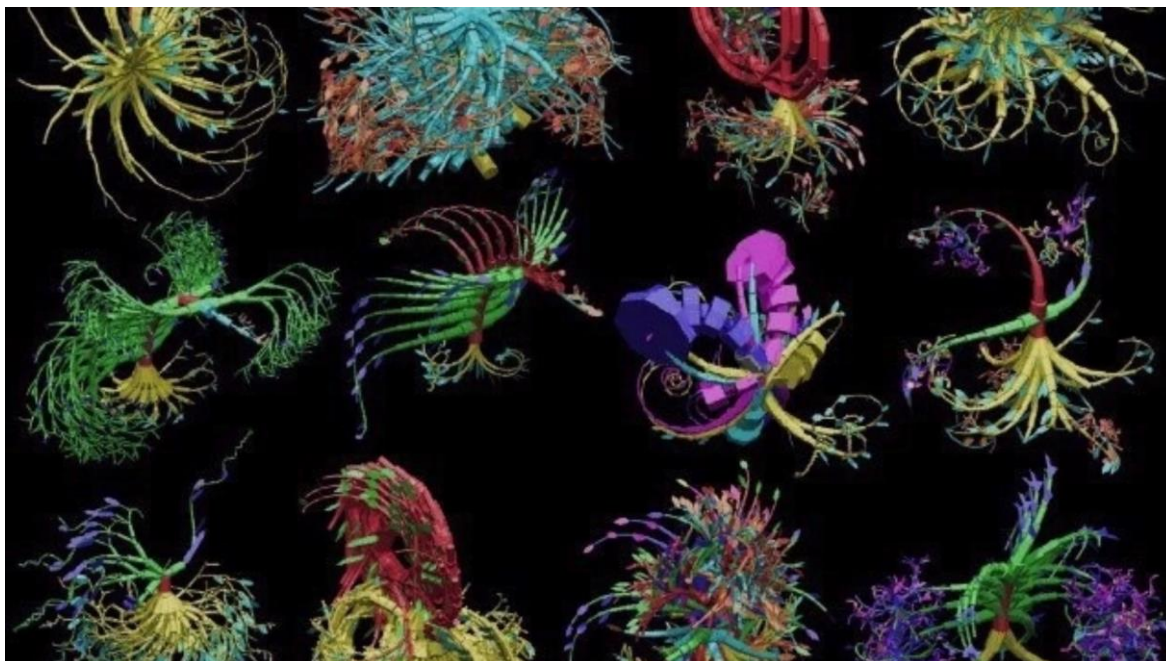
Figura 50 – FRAMSTICKS por Maciej Komosinski e Szymon Ulatowski)



Fonte: <http://www.framsticks.com/a/al_pict.html>

Outro destaque nas pesquisa de referências foi o artista William Latham, co-criador da plataforma “Mutator”, uma plataforma para “criar” organismos digitais, usando algoritmos de evolução computacional, no qual seus usuários podiam criar criaturas digitais e guiar o seu desenvolvimento simulando um crescimento orgânico e imprevisível por meio de codificação e *software* (Magdaleno, 2014). A seguir, na figura 51, é mostrado uma imagem com algumas vidas artificiais criadas no “Mutator”:

Figura 51 – Mutator por Latham e Todd



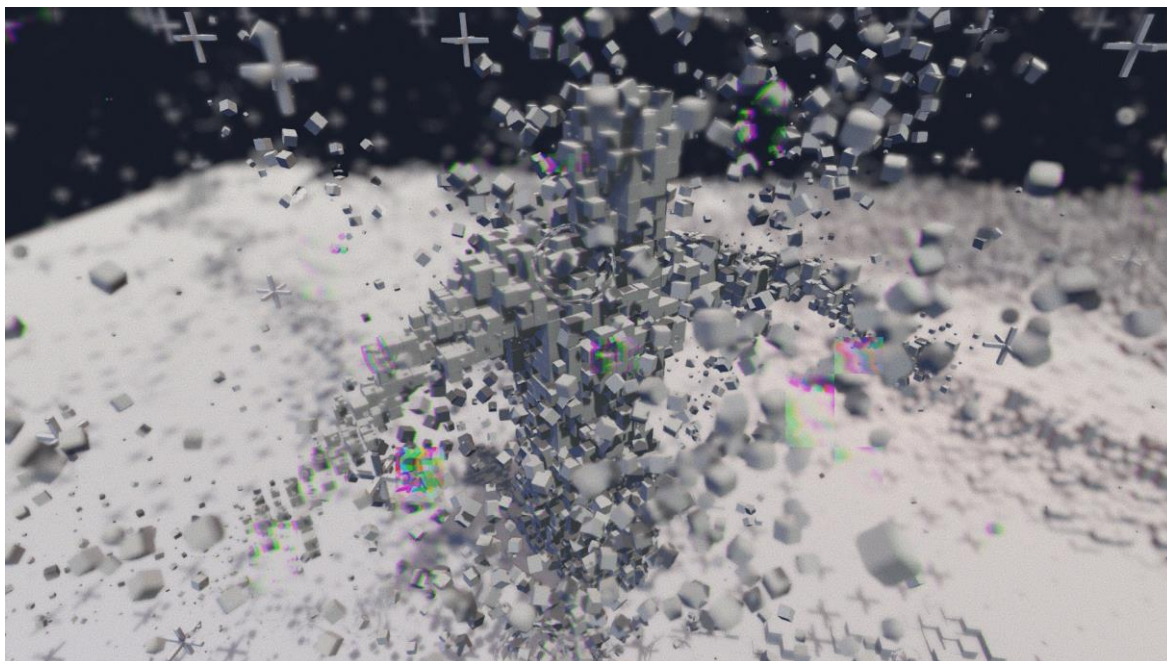
Fonte: <<http://bit.ly/2lzh8uw>>

Finalmente após uma longa pesquisa, foi encontrado um projeto no *cloudportal* “Github”, um portal que hospeda projetos em git,¹² de um usuário chamado “Mattatz”, cujo nome real é Masutatsu Nakamura, e seu projeto estava disponível para *download*..¹³ A seguir, na figura 52, uma imagem de um de seus últimos trabalhos:

¹² Git é um tipo de ferramenta usada por desenvolvedores de *software* para gerenciar as modificações ocorridas num *software* durante o seu desenvolvimento, criando pontos de modificação do projeto desse mesmo *software*, organizados por data de realização, podendo este ser compartilhado com outros desenvolvedores do mesmo projeto. Isso permite que todos os envolvidos tenham acesso à mesma versão de desenvolvimento do *software*. Um projeto git, geralmente, fica armazenado em algum tipo de servidor *web* para permitir que o projeto possa ser compartilhado e para que o mesmo tenha uma cópia de segurança *online*.

¹³ Disponível em: <https://bit.ly/2RKOZBK>.

Figura 52 – CHANNEL #18 (Imagem criada por Mattatz)

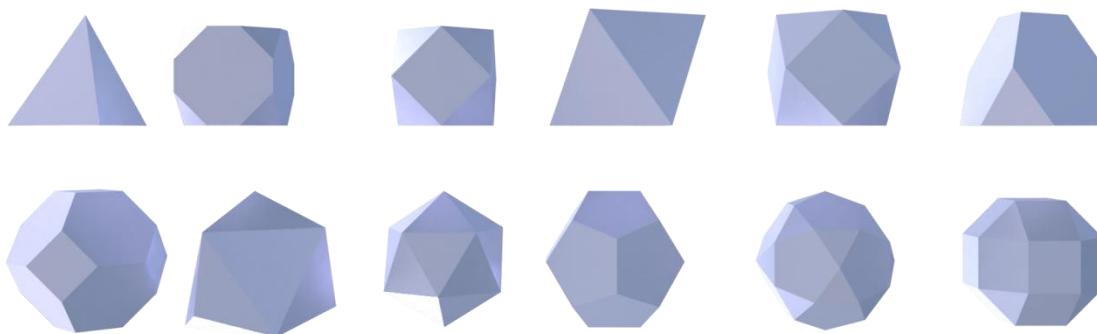


Fonte: <<http://mattatz.org/works/channel18/>>

Desde então, passaram-se dois meses analisando o projeto, mas como não foi possível fazê-lo funcionar para os propósitos do Tecno_Bioma, o mesmo foi deixado em modo de espera, a fim de buscar outras soluções. Como o projeto ficou parado nesse período, de modo a tentar fazer o projeto de Mattatz funcionar de acordo com o que era necessário, foi resolvido transferir o foco para ampliar e construir o ambiente de Tecno_Bioma e deixá-lo mais complexo.

Quanto ao projeto prático de Tecno_Bioma, o mesmo permanece fiel à proposta inicial com os 16 ambientes já criados. Para os novos ambientes, foi decidido testar novas formas para os pólipos dos Recifes Digitais. A premissa para essas novas formas é que todas elas ou a maioria seriam sólidos que pudessem ser formados a partir do Cubo de Metatron; dessa forma, haveria um critério para o desenvolvimento desses recifes e uma lógica para a formação desses ambientes. Os sólidos são mostrados na figura 53:

Figura 53 – Tentativa de outras formas para o pólipo digital

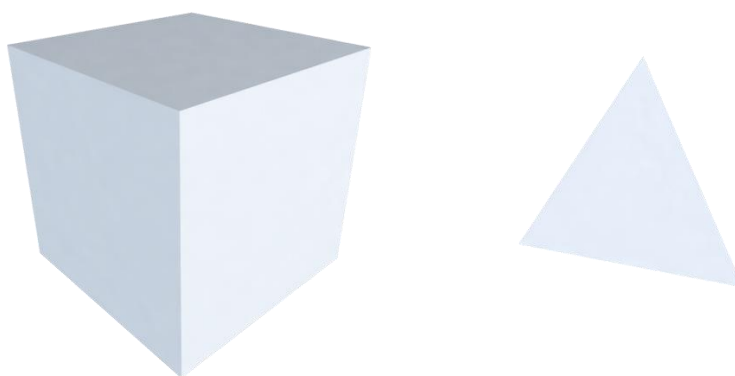


Fonte: Ronaldo (2019)

Não obstante, houve um empecilho para essa ideia funcionar. O processamento desses novos sólidos ficou muito pesado para a máquina, cuja configuração era de 8 GB de RAM, processador I7 de 2,4 Ghz e placa de vídeo dedicada de 2 GB; então, foi preciso buscar outra solução, usando sólidos geométricos mais leves, a fim de reduzir o peso no processamento.

Foi adotada então uma alternativa para as formas dos pólipos digitais, criando diversas variações da forma do cubo e do tetraedro (figura 55), que são formas com poucos polígonos em seu arranjo, para diferenciar os pólipos de cada ambiente. Assim, foi criada uma diversidade no bioma.

Figura 54 – Cubo e tetraedro em suas posições padrão



Fonte: Ronaldo (2019)

As duas formas (cubo e tetraedro) foram configuradas no mesmo objeto, de modo que formas transitórias entre o cubo e o tetraedro fossem geradas a partir da mistura dessas duas formas. O nome desse recurso se chama *morph target*.

Essa abordagem é conhecida como *Morph target animation*. Trata-se de uma técnica comum em computação gráfica, a qual já foi usada em diversos filmes, jogos eletrônicos e animações 3D. Em animação, a técnica é usada para criar deformações de musculatura facial e corpórea mais verossímeis, a fim de compor expressões faciais e deformações musculares plasticamente mais agradáveis. Dependendo do programa de animação e modelagem 3D, o nome do recurso muda; no *Blender 3D*, por exemplo, esse recurso se chama *shape key*.

A abordagem em si consiste em tomar uma malha qualquer, usar seu estado original como ponto de partida e criar uma instância (*target*), processo durante o qual essa malha será alterada da maneira que desejar até chegar num resultado considerado adequado. Isso pode ser evidenciado no exemplo da figura 55.

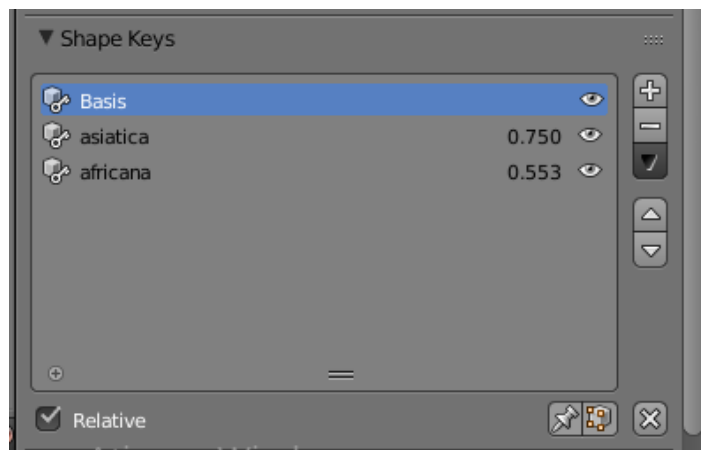
Figura 55 – Projeto “Fábrica de Humanos”, da esquerda para a direita, instância padrão e instância de forma de etnia



Fonte: Ronaldo (2019)

Após a criação das instâncias, foi possível variar a forma da malha entre o ponto de partida e a instância criada, apenas revezando um valor numérico que geralmente alterna entre 0 e 1 dentro do conjunto dos números inteiros, sendo também possível atribuir números negativos a essa instância. Essa propriedade da instância que varia entre 0 e 1 se manifesta normalmente por um tipo de campo denominado *slider* ou controle deslizante. A propriedade de *shape key* da figura anterior é mostrada na figura 56.

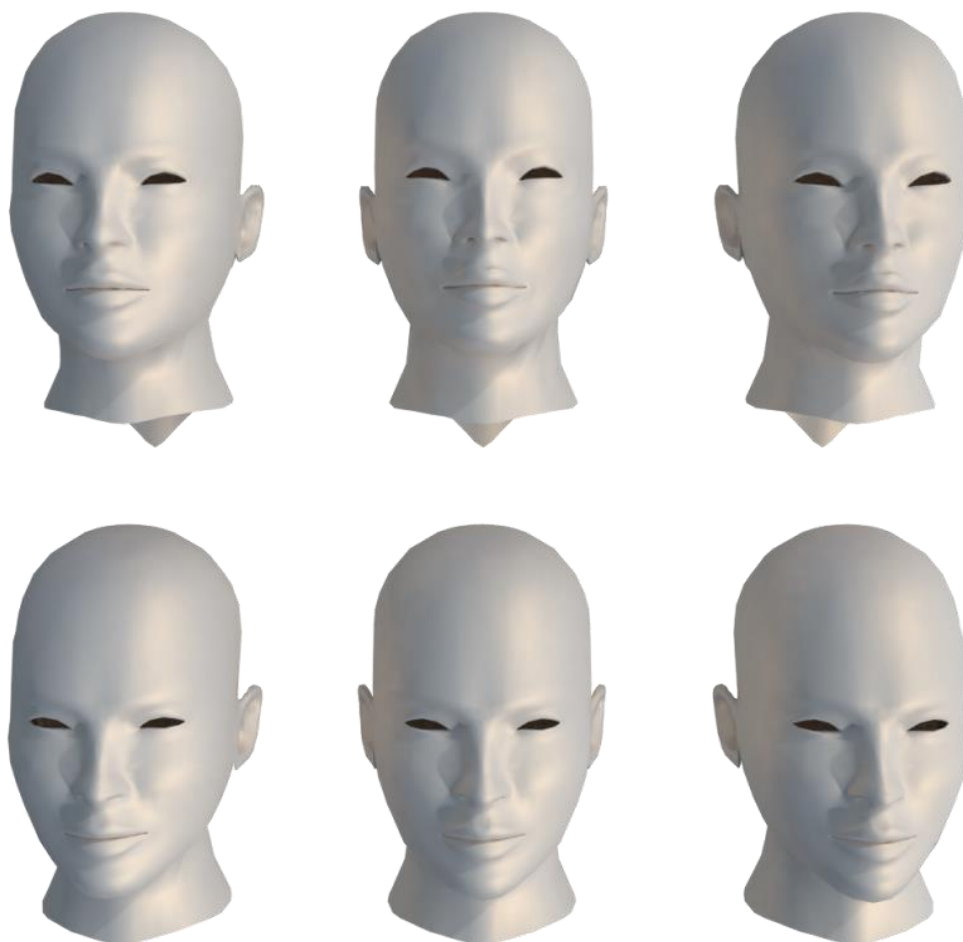
Figura 56 – Sliders das instâncias de forma da figura anterior (captura de tela)



Fonte: Ronaldo (2019)

Esses campos podem ser vinculados a controladores de esqueleto ou serem manipulados via código, a fim de se obter diversos resultados; e quando são criadas diversas instâncias de forma diferentes para a mesma malha, é possível combinar os valores dessas diversas instâncias e conseguir formas alternativas para a mesma malha que não haviam sido criadas para o mesmo, sendo estas últimas uma combinação de valores aleatórios (entre 0 e 1) atribuídos das instâncias de forma criadas. Na figura 57 a seguir, alguns exemplos dessas combinações pode ser conferidos.

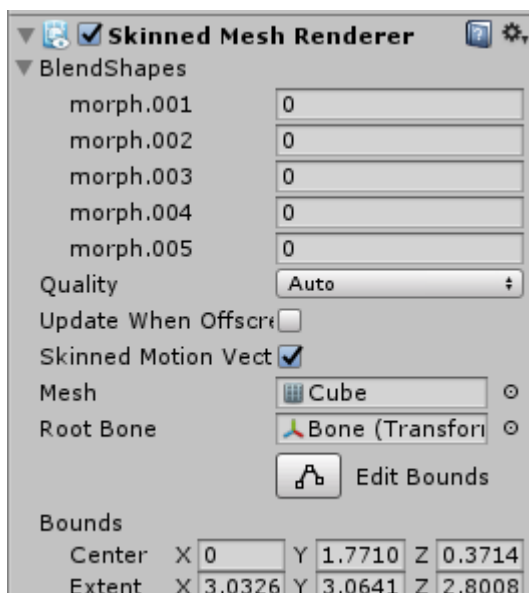
Figura 57 – Possíveis combinações das instâncias de forma apresentadas na figura anterior



Fonte: Ronaldo (2019)

Um fato relevante é que o *game engine* que está em uso no projeto (*Unity 3D*) aceita a propriedade de *morph target* nos objetos importados. A propriedade aparece como um valor que pode variar de 0 a 1 e no programa é chamada de *blendshape*. Dessa forma, é possível acessar esses valores via código e criar um replicador de objetos que varie esses valores randomicamente a partir da forma original do objeto, considerando as instâncias de *morph target* criadas para o objeto. As propriedades de *morph target* no *Unity 3D* são mostradas na figura 58.

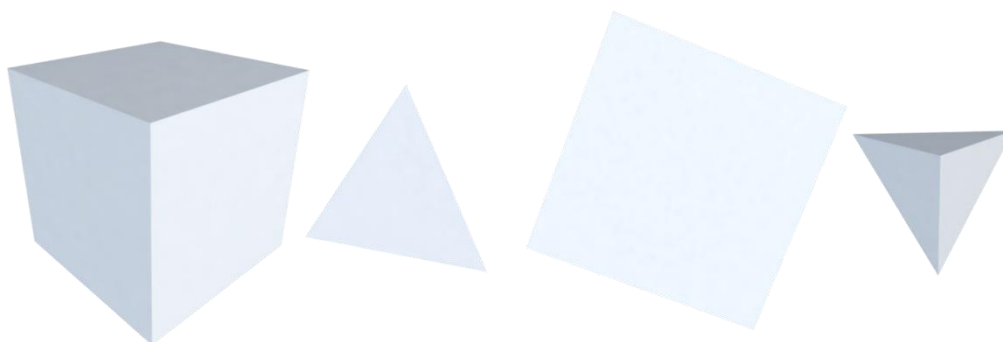
Figura 58 – Propriedades de *morph target* no *Unity 3D*



Quanto maior o número de *morph targets* no objeto, menos provável será determinar que aspectos esse objeto terá durante a execução do *gamearte*. Por apresentar essa variabilidade randômica, esse recurso está em implementação nos pólipos digitais que formam o Recife Digital, no intuito de criar variantes dos pólipos digitais cujas formas se alterem dentro de um número limitado de 8 vértices devido a limitações de *hardware*, pois o *gamearte* será executado em plataforma *mobile*.

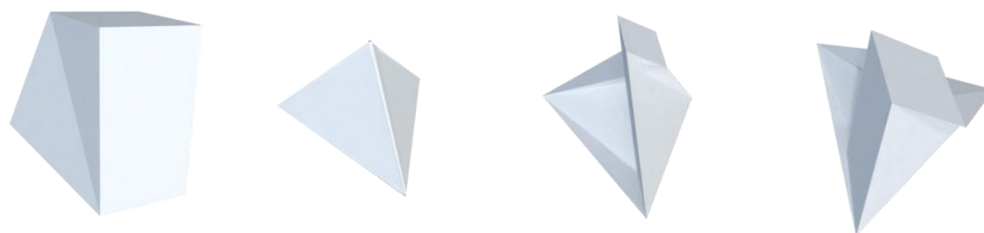
Estão sendo exploradas todas as variantes de forma de 8 vértices que possam surgir entre um cubo e um tetraedro, inclusive formas retorcidas. As variantes estão funcionando de acordo com 3 instâncias de forma diferentes criadas para a forma padrão do pólipo, que é cúbica (cubo em repouso), como demonstram as figuras 59 e 60.

Figura 59 – Instâncias de forma do pólipo



Fonte: Ronaldo (2019)

Figura 60 – Possíveis formas do pólipo digital com base em instâncias de forma

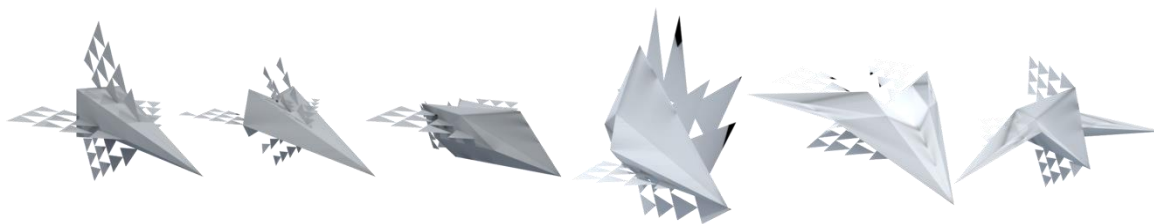


Fonte: Ronaldo (2019)

Essas 3 instâncias compreendem: 1 tetraedro em posição regular, 1 cubo em posição rotacionada e 1 tetraedro em posição rotacionada. Os valores em cada instância estão variando entre 0 e 1.

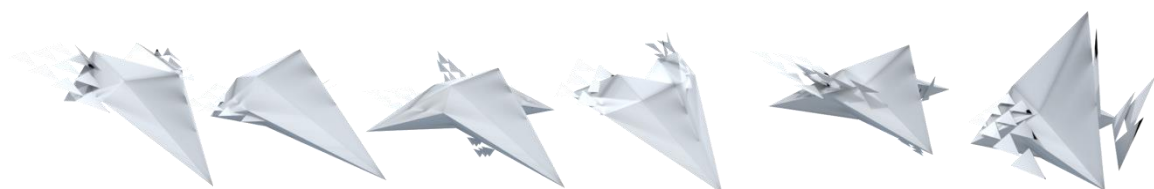
Em relação aos simbioses, devido ao contratempo com o algoritmo genético do projeto adquirido, o recurso de *morph target* também está em uso como alternativa para criar variabilidade de forma nestes. A solução foi criar uma forma mutável que possui diversos 5 formas pré-programadas, as quais poderão ser combinadas e recombinadas por meio de código, como no caso do pólipo, criando assim uma série de variantes do modelo original que poderão estar presentes em todos os ambientes de Tecno_Bioma. A seguir, nas figuras 61 e 62, são apresentadas as instâncias de forma e suas possíveis variações.

Figura 61 – Instâncias de forma do simbiote sendo o primeiro a forma padrão



Fonte: Ronaldo (2019)

Figura 62 – Possíveis formas dos simbiontes com base em instâncias de forma



Fonte: Ronaldo (2019)

Esse recurso está sendo usado para prover os simbiontes do Tecno_Bioma da variabilidade de forma necessária à sua sobrevivência nos ecossistemas que eles ocupam. Um objeto de partida foi feito no *Blender* 3D, para a manipulação via código no *Unity* 3D e assim se tem uma variabilidade de formas interessantes para os simbiontes nos diversos ambientes.

Apesar dos percalços descritos, as soluções encontradas para suprir o gamearte de variabilidade e imprevisibilidade neste momento se mantém alinhadas com a poética proposta. Embora outros mecanismos venham a ser acrescentados futuramente, as soluções, com o uso morph key, conservam um paralelo evolutivo com o desenvolvimento da pesquisa do gamearte, o que dá a pesquisa uma linearidade ao longo do tempo condizente com o conceito de “seta do tempo” adotado desde o início, pois foi exatamente a passagem do tempo que tem tornado o Tecno_Bioma cada vez mais complexo.

4.3 Ações modificadoras do interagente dentro do contexto do Tecno_Bioma

Resolvida a questão da forma das vidas artificiais no *gamearte*, resta a questão do tempo e da posição do interagente em relação ao jogo. Nas versões anteriores, o interagente tinha apenas a posição de observador no *gamearte*; nessa nova versão, ele está na posição de uma das vidas artificiais que se alimentam do

Recife Digital. Esse ponto de vista foi escolhido para que o interagente sinta como é ser uma vida artificial que dependa do Recife Digital como alimento e o que sua contribuição, ainda que pequena, pode fazer por aquele ambiente.

Como foi dito anteriormente, o ponto de vista do usuário é essencial para o jogo. E, no ambiente multiusuário que está sendo construído, o tempo funcionará de formas em ritmos diferentes em cada ambiente, pois como os mesmos são ativados pela presença do interagente, alguns desses ambientes podem estar literalmente parados e outros podem estar muito ativos, a depender das circunstâncias.

Devido ao fato de cada ambiente poder estar funcionando em intervalos diferentes de tempo, é como se cada ambiente do Tecno_Bioma fosse um microcosmo interdependente desse bioma, com suas próprias dinâmicas e ritmos, os quais são ditados pela percepção e presença do interagente. Isso permite que cada ecossistema de Tecno_Bioma, embora semelhantes entre si, adquira a sua particularidade em relação aos outros.

Está sendo usada uma biblioteca de parâmetros do *Unity 3d* chamada Photon, a qual provê de forma praticamente automática a implementação *online* necessária para que os ambientes do *gamearte* se tornem acessíveis em rede. Essa biblioteca funciona como uma *engine*¹⁴ dentro da *engine*. O Photon tem um conjunto de módulos baseados num código de usuário que faz a comunicação com o servidor do fabricante e provê a comunicação entre os interagentes nesse caso. Basta fazer o *download* da biblioteca, fazer o registro no servidor para conseguir o código de comunicação e implementar os *level sets* do *gamearte* que devem se comunicar com o servidor, o que acelera sensivelmente a implementação de qualquer ambiente multiusuário em um jogo eletrônico.

Contudo, essa solução é temporária, pois tal implementação é necessária devido à falta de recursos para que o projeto tenha sua própria estrutura de

¹⁴ Um *engine* é um editor de criação de *software* que possui uma série de bibliotecas e, na maioria das vezes, uma interface amigável que permite o desenvolvimento de um ou mais *softwares* nesse mesmo editor. Com relação ao uso de um *engine*, ele pode ser de dois tipos: proprietário, quando os desenvolvedores desenvolvem o mesmo para seus propósitos ou público, que ocorre quando o *engine* é criada para atender a comunidade de desenvolvedores como um todo. Com relação à temática, existem diversos tipos de *engine* para o desenvolvimento de vários tipos de *software*; entre eles, podemos citar os *game engines*, um dos quais está sendo usado para o desenvolvimento desse projeto.

multiusuário. Futuramente, pretende-se fornecer ao projeto seu próprio servidor e códigos de comunicação, a fim de oferecer a essa parte do projeto características mais únicas. Essas características únicas fazem referência a criar particularidades nos códigos de comunicação dos ambientes que levem em conta o tempo de acesso do interagente e usem esse tempo para gravar as modificações mais pertinentes deste ambiente num banco de dados.

Dessa forma, os ambientes de Tecno_Bioma irão se modificar com o tempo, sem a necessidade de estarem em execução contínua como acontece com outros ambientes de vida artificial, cujo período de evolução e mudança depende muito do período em que o mesmo fica em execução para que sejam notadas mudanças expressivas quanto à sua condição morfológica e dinâmica.

Como foi dito anteriormente, essa característica peculiar pode não ser de grande relevância numa primeira investigação, mas, ao se analisar com mais critério essa peculiaridade, percebe-se que dar a Tecno_Bioma essa particularidade quanto a passagem do tempo, o fato desse tempo não ser linear, mas compartilhado, permite ao mesmo ficar em operação por períodos superiores mais longos de execução: superiores dias, semanas ou meses. Será possível deixar o *gamearte* em execução por dois anos ou mais e o mesmo não precisará estar ligado o tempo todo nesse período.

A perspectiva de ter um fluxo de tempo de forma constante ao invés de contínuo, como trabalhos desse tipo exigem, é estimulante. Isso se deve a economia de energia e recursos que tal dinâmica permite, o que tornará o Tecno_Bioma não só um sistema altamente complexo, tendo também a potencialidade de se tornar um cotidiano.

4.4 Relações entre os interagentes presentes dentro dos ecossistemas digitais

Os interagentes dentro dos ecossistemas artificiais poderão interagir entre si. Futuramente, pois até o momento em que este texto é escrito ainda não foi possível implementar essa funcionalidade, os interagentes poderão se comunicar via chat. Poderão se identificar por meio de um nome que aparecerá no alto da vida artificial ou ente observador (um nome flutuando livre no ambiente que o ou)tro

estiver usando, seja essa vida artificial um pólipo digital, um simbiote ou simplesmente um observador.

Essa comunicação e identificação entre os interagentes permitirá aos mesmos estabelecer dinâmicas dentro da execução e talvez estabelecer suas próprias regras de permanência e movimentação dentro dos ambientes.

Dessa forma o ambiente poderá passar por modificações diversas ao longo do tempo, estando com um aspecto em constante transformação. Trata-se de observar um interagente que está na forma de um simbiote dialogar com outro que está no momento na forma de um pólipo digital totalmente imóvel.

Nessa situação específica, o interagente na forma de pólipo, poderia ser comido pelo interagente pólipo. Nesse caso, o interagente pólipo poderia assumir o controle do simbiote que o consumiu, tornando o proprietário desse simbiote apenas um observador novamente.

Outras situações podem surgir, como dois interagentes/simbiontes competindo quantos pólipos cada um consegue consumir e quantos descendentes cada um consegue deixar, como consumir os pólipos digitais de forma a moldar o panorama do ambiente de acordo com um critério específico de cada interagente ou migrando de um ecossistema digital para outro, levando consigo o simbiote que estava em outro ambiente.

Convém ainda verificar que outras relações os interagentes presentes no *gamearte* poderão desenvolver quando este estiver totalmente implementado, pois uma das premissas desta pesquisa no presente e no futuro, será coligir e verificar relações e dinâmicas surgidas dentro do *gamearte* a medida em que este se torna cada vez mais um coletivo cotidiano à medida que mais interagentes participarem entrarem nos ambientes virtuais, o que pode servir de material para novas pesquisas e, talvez, novas colaborações.

4.5 Percepção de tempo local do interagente dentro de Tecno_Bioma e qual o seu impacto para o *gamearte*

Como já foi dito antes, o tempo dentro de Tecno_Bioma só passa a fluir com a presença de pelo menos um interagente. No entanto, essa característica diz respeito a cada um dos ambientes do *gamearte* de forma independente.

Significa dizer que, para cada um dos ecossistemas digitais do *gamearte*, o tempo irá passar apenas se houver pelo menos um interagente naquele ambiente; do contrário, aquele ecossistema poderá ficar com o tempo paralisado em relação aos outros ecossistemas digitais que estão sendo visitados e modificados pelos interagentes e as vidas artificiais desses ambientes. Essa característica do tempo no *gamearte* não foi planejada. No entanto, como sua peculiaridade é interessante, acabou-se adotando a mesma como uma característica.

Em teoria, essa alternância de ritmo temporal entre os ambientes de Tecno_Bioma tem um impacto em como cada ambiente vai se formando dentro do *gamearte*. Cada ambiente, com essa possibilidade de ficar estático no tempo ou não, apresentará um ritmo de desenvolvimento ao longo de um período diferente em relação ao outro; embora todos eles tenham começado com a mesma configuração inicial.

Dessa forma, o acesso dos interagentes ao ambiente pode determinar o quanto esses ambientes podem ou não se modificarem com o tempo. Poderão haver ambientes que não sejam acessados nunca, por exemplo, e com isso os mesmos não teriam nenhuma modificação perene a ser preservada pelo algoritmo. Na outra faixa desse mesmo espectro, poderão haver ambientes tão acessados que, ao longo do tempo, seus ambientes estarão totalmente diferentes de seus estados iniciais.

Assim, a percepção do tempo local no *gamearte* por parte do interagente, embora seja local, pode impactar todo o Tecno_Bioma sensivelmente não só com suas ações, mas também com essas alternâncias de fluxo temporal concernentes aos ambientes do *gamearte*.

Essas alternâncias de tempo dentro do *gamearte*, com uma variação local de ambiente para ambiente, pode provocar percepções peculiares do tempo dentro do *gamearte*; percepções estas que, possivelmente, nortearam a forma como o

gamearte é notado por todos aqueles que virão a fazer parte de sua narrativa dinâmica.

4.6 Como ocorrerão as modificações permanentes sofridas por Tecno_Bioma devido à ação dos interagentes

Como mencionado no início deste capítulo, as modificações permanentes sofridas pelo Tecno_Bioma ocorrerão quando o algoritmo de salvamento de estado do ambiente estiver acumulando essas modificações em um banco de dados. Nesse contexto, as modificações que forem ocorrendo em relação às vidas artificiais dos ecossistemas digitais ao longo do tempo serão acumuladas gradativamente no banco de dados do *gamearte*, a fim de que, caso o *gamearte* fique sem nenhum interagente por algum período, não precise, dessa forma, começar de seu estado inicial.

Poderá ser interessante para o interagente perceber que, à medida que o tempo passa, o ambiente à sua volta estará se modificando ao longo do tempo e se tornando parte ativa da experiência visual da qual ele está usufruindo, em vez de ser um elemento estático nessa experiência.

Mesmo essas permanências no *gamearte* não serão armazenadas de forma episódica e precisa. As modificações geradas pelo interagente nos ambientes de Tecno_Bioma, serão armazenadas no banco de dados de forma parcialmente aleatória, podendo ocorrer sutis alterações quando esses ambientes forem resgatados do banco de dados do *gamearte*.

Isso significa que, mesmo com este algoritmo de salvamento de ambiente, os estados e aspectos dos ecossistemas digitais serão mais como uma lembrança sensivelmente distorcida de seu estado anterior do que de ecossistema plenamente salvo e que é lembrado precisamente pelo banco de dados do sistema.

O que o algoritmo fará na realidade é eleger aleatoriamente quais são as modificações e estados mais pertinentes naquele momento do *gamearte* e irá, por falta de recursos computacionais, descartar o restante dessas informações, a fim de economizar espaço no banco de dados e aproximar mais o carregamento desses ambientes gravados a uma memória falha e cheia de invencionices.

Isso dará ao Tecno_Bioma um caráter mais orgânico no sentido dinâmico da expressão. Orgânico devido ao fato deste não ter instruções predefinidas para a perpetuação de sua linearidade, e sim, sugestões moderadamente subjetivas a respeito do que precisa ser salvo e do que não precisa de modo aleatório e sem critérios de importância. Essa característica será importante para o gamearte tanto na atualidade quanto a *posteriori*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve diversas etapas percorridas desde o seu começo. Inicialmente, os algoritmos desenvolvidos para a criação do ecossistema digital criado na pesquisa anterior foram analisados e usados como base para o raciocínio de uma possível ampliação da pesquisa para o Doutorado.

Diversas questões ficaram em aberto no ciclo anterior da pesquisa que ocorreu durante o Mestrado. Entre essas questões, havia a premissa de expandir o *gamearte* para uma nova estrutura que fosse entre ambientes interligados, na qual o interagente tivesse mais níveis de ação dentro *gamearte*, para que este pudesse interferir mais no ambiente circundante e assim promover uma maior modificação desse mesmo ambiente. O conceito de bioma foi então adotado e serviu de ponto de partida para desenvolver todos os outros aspectos de Tecno_Bioma.

A premissa de um bioma digital suscitou a necessidade que esse bioma fosse algum tipo de ambiente multiusuário para viabilizar que os interagentes pudessem não só interagir com o ambiente, mas também com outros usuários. Com mais esse conceito de multiusuário sendo assimilado no projeto de pesquisa, havia agora a necessidade de dar uma forma imagética que expressasse a natureza pretendida para o Tecno_Bioma; depois de alguns testes, chegou-se ao desenho do Cubo de Metatron, o qual foi selecionado pela simplicidade de linhas e formas e, ao mesmo tempo, pela complexidade envolvida em seu conceito.

Com esses conceitos formais de base em mãos, partiu-se para o desenvolvimento das estruturas do Tecno_Bioma e dos demais conceitos de análise presentes na pesquisa. Tomando como ponto de partida os algoritmos da pesquisa anterior, acrescentaram-se a estes novos tipos de variáveis randômicas e tentou-se por várias vezes implementar algoritmos de mudança, de forma que levassem em conta a emulação de permuta de genes por cruzamento e mutação. Haverá também a inserção das bibliotecas necessárias para tornar o *gamearte* um ambiente multiusuário, e futuramente a criação de um banco de dados para armazenar aleatoriamente estados e características das vidas artificiais presentes nos ecossistemas digitais do *gamearte*, no intuito de conferir a estes ambientes um caráter maior de impermanência, o que contribuirá para tornar o tempo nesses

ambientes subordinado à presença dos interagentes e de viabilizar ao mesmo um caráter irreversível.

Em termos estruturais, nem todos os componentes descritos acima puderam ser implementados. O tipo de ambiente multiusuário pretendido para o *gamearte*, por exemplo, seria o tipo MMO, por sua natureza contínua e por sua característica persistente. Infelizmente, esse tipo de ambiente multiusuário demanda um alto grau de desenvolvimento, o qual ainda não foi possível alcançar. Em substituição, está sendo usada uma tecnologia de ambiente multiusuário menos robusta, mas que atende parcialmente os aspectos essenciais do *gamearte*, pois nesse tipo de ambiente multiusuário os interagentes ainda podem se comunicar uns com os outros e participar do mesmo ecossistema digital.

Em relação ao algoritmo genético, a mutação de forma foi implementada, assim como a geração de valores aleatórios para outros atributos presentes nas vidas artificiais, como expectativa de vida e velocidade, por exemplo. No entanto, houve dificuldades de implementação no caso de transmissão de atributos via reprodução por cruzamento. Até o momento, não há nenhum tipo de implementação de código nesse sentido devido a essas limitações técnicas.

Em síntese, pode-se concluir que o algoritmo genético está parcialmente implementado no *gamearte*, mas algumas instâncias que ainda precisam ser configuradas ainda demandam mais desenvolvimento. Dois itens relacionados ao algoritmo genético e que ainda não puderam ser desenvolvidos são: o algoritmo de avaliação de aptidão e o de seleção; os quais permitirão ao *gamearte* se manter em evolução mesmo que sua execução seja interrompida em algum momento e que está ligado à criação de banco de dados relacionados com esses dois algoritmos. Até agora, as modificações e interações que ocorrem nos ecossistemas digitais não estão sendo registrados devido à falta desses recursos de registro aleatório de dados.

A priori, diversos dos objetivos postulados na pesquisa foram alcançados, pois, mesmo com as dificuldades técnicas encontradas, por meio de algoritmos com menor complexidade, foi possível alcançar um funcionamento bem próximo do pretendido na proposta.

Entre os resultados alcançados, estão a variabilidade de forma dos simbiontes e pólipos digitais causada por um algoritmo de mutação baseados em *morph key* e a variabilidade quantitativa das variáveis, por meio do uso de funções randômicas, que controlam aspectos qualitativos das vidas artificiais como: velocidade, expectativa de vida, quantidade de alimentos consumidos para reprodução, etc; e a adoção do sistema Photon para configurar um ambiente multiusuário no gamearte. Em conjunto, esses resultados colocam o gamearte bem próximo da proposta pretendida.

Embora a questão do registro de dados das vidas artificiais, a emulação do cruzamento de genes e o ambiente MMO ainda não estejam implementados, o *gamearte* está com boa parte das estruturas pretendidas para o projeto de pesquisa segundo o que foi desenvolvido até o presente momento.

A maior dificuldade encontrada durante o desenvolvimento da pesquisa foi de cunho técnico, pois, quando faltavam as aptidões necessárias ao desenvolvimento, nem sempre foi possível encontrar o suporte adequado para o desenvolvimento das estruturas do Tecno_Bioma já citadas anteriormente. Em diversos momentos, o artista responsável pelo projeto precisou de determinados conhecimentos para o desenvolvimento do projeto, mas não conseguiu apreender esses conhecimentos em tempo hábil, nem a ajuda de terceiros que pudessem ajudá-lo a desenvolver as demandas propostas.

Oportunamente, agora no final dessa fase da pesquisa, o projeto conseguiu um apoio de um novo programador, que já mostrou ser bastante valioso para os próximos passos da pesquisa, desenvolvendo alguns algoritmos notáveis para o *gamearte*.

Em relação à contribuição deste trabalho aos campos da *gamearte*, arte e tecnologia e da arte, pode-se dizer que esta contribuição está na mescla de eixos temáticos com as de vida artificial e jogos, por trazer a questão da vida artificial para o espaço multiusuário, aproximando-os mais dos interagentes que estão mais atuantes nesse *gamearte* do que o eram anteriormente.

Essa mescla também permitiu que conceitos relacionados à Ecologia como, por exemplo, ecossistemas e biomas pudessem ser inseridos no gamearte de forma integrada, contribuindo sensivelmente com a poética da pesquisa. Os

diálogos existentes no gamearte como por exemplo; a mescla entre os conceitos de favela e recife de coral, a interação entre os simbioses e os recifes de coral, foram viabilizados por essa mescla de conceitos dentro do gamearte.

Pensar nesses aspectos a partir desta mescla entre vida artificial e jogos, também permitiu a concepção de conceitos de algoritmo como aquele referente à interação do usuário deixar resquícios de mudança no ambiente que seriam gravados numa base de dados aleatoriamente de modo que o gamearte não precisasse estar em execução constante, configurando, desta forma, um tipo de “tempo compartilhado”, o qual, no contexto da pesquisa, também foi chamado de “tempo lembrança”.

O conceito de tempo lembrança recebeu esse nome devido ao fato do algoritmo supracitado não gravar empiricamente todos os estados do gamearte de acordo com a interação do usuário, mas sim de gravar um determinado grupo de aspectos do gamearte, escolhidos aleatoriamente, o qual faria o gamearte mudar de aspecto à medida que mais execuções ocorressem e fossem acumuladas na base de dados do gamearte, ou seja, entre uma execução do gamearte e outra, os aspectos que serão carregados na próxima execução não serão exatamente iguais a execução anterior; esses aspectos da nova execução poderão ser um pouco mais distorcidos em relação a execução anterior.

Em síntese, a mescla entre vida artificial e jogos promoveu as diversas experimentações conceituais citadas acima e, futuramente, outros pesquisadores podem contribuir com o projeto ou criarem suas próprias experimentações com base nessa mesma premissa.

A pesquisa em si precisa prioritariamente avançar na resolução das questões em aberto supracitadas presentes no Tecno_Bioma. A estrutura ambiental apresentada no presente texto ainda está evoluindo; ela é promissora, no sentido de que promoverá o crescimento do ambiente de modo colaborativo com os interagentes que acessarão o *gamearte*, permitindo a estes modificar o mesmo pela sua simples passagem pelo ambiente ou por meio de suas interferências diretas neste.

O que vai emergir, ou antes, continuar emergindo desse conjunto de ecossistemas digitais reunidos em Tecno_Bioma, por conta de sua natureza

imprevisível, será constantemente uma incógnita a ser verificada, pois os organismos presentes no ambiente continuarão evoluindo ao longo do tempo que será compartilhado com os interagentes.

Dessa forma, Tecno_Bioma é e continuará sendo uma obra aberta para colaboração e questionamentos, tendo em vista que o tempo dentro do jogo é compartilhado. Então, para que o *gamearte* possa continuar existindo, é preciso que este continue compartilhando o seu tempo com interagentes e, por conseguinte, coautores da obra. Sem estes últimos, a fluência e a evolução de Tecno_Bioma ficam em suspenso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAGNANO, Nicola; BOSI, Alfredo. **Dicionário de filosofia**. São Paulo: Martins Fontes, 2012.

BANZHAF, W. *et al.* **Genetic programming: an introduction**. Massachusetts: Morgan Kaufmann, 1998.

BLICKLE, T.; THIELE, L. *A comparison of selection schemes used in genetic algorithms*. **Computer Engineering and Communication Networks**, Suíça, n. 11, v. 2, dec. 1995.

CUNHA, Antônio Geraldo da. **Dicionário etimológico da língua portuguesa**. Lexikon Editora Digital, 2007.

DAIDA, J. M. *Challenges with verification, repeatability and meaningful comparisons in genetic programming*. **Anais...** Morgan Kaufmann, 1999 (p. 1.069-1.076).

DAWKINS, Richard. **A escalada do monte improvável**: uma defesa da teoria da evolução. São Paulo: Companhia das Letras, São Paulo, 1998.

DENNETT, Daniel C. **A perigosa ideia de Darwin**: a evolução e os significados da vida. Rio de Janeiro: Rocco, 1998.

DOMINGUES, Diana. **Arte e vida no século XXI**: tecnologia, ciência e criatividade. São Paulo: Editora Da Unesp, 2003

ELIAS, Norbert . **Sobre o tempo**. Rio de Janeiro: Zahar, 1998.

GATHERCOLE, Christopher . **An investigation of supervised learning in genetic programming**. 1998. Orientador(a): Peter Ross . XXXf. Tese (Doutorado) – University of Edinburgh, 1998.

GLEICK, James. **Caos**: a criação de uma nova ciência. Rio de Janeiro: Campus, 1991.

GONÇALVES, Fernando do Nascimento. **Fabulações eletrônicas**: poéticas da comunicação e da tecnologia em Laurie Anderson. 2006 (*E-papers*).

GUELLER, Adela Stoppel de. **Vestígios do tempo**: parados da atemporalidade no pensamento freudiano. Fortaleza: Arte & Ciência, 2005.

HAWKING, Stephen. **Uma breve história do tempo**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 1998.

HENRY, John. **A revolução científica**: e as origens da ciência moderna. Rio de Janeiro: Zahar, 1998.

KOZA, J. R. *Genetic programming: on the programming of computers by means of natural selection*. Cambridge; Massachusetts: MIT Press, 1992.

LAGUNA, Fabrício. **Um guia para o corpo de conhecimento de análise de negócios (TM)**. Oakville: IIBA, 2005.

MATURANA, Humberto. **Cognição, ciência e vida cotidiana**. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2001.

MCQUAIL, Denis. **Teorias da comunicação de massa**. São Paulo; Penso Editora; Martins Fontes, 2012.

MELCHIZEDEK, Drunvalo. ***El antiguo secreto de la flor de la vida***. 11. ed. Argentina, 1998 (v. 1).

MITCHELL, M. ***An introduction to genetic algorithms***. Cambridge: MIT Press. 1997.

MUHLENBEIN, H.; SCHIERKAMP-VOOSEN, D. *Predictive models for the breeder genetic algorithms*. ***Evolutionary Computation***, n. 1, v. 1, p. 25-49, 1993.

ODUM, Eugene P. **Fundamentos de ecologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 2004.

OLIVEIRA, Francisco de. **Gênese e consolidação da ideia de Europa**. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2005 (v. III: O Império Romano).

O'NEIL, M.; RYAN, C. *Grammar based function definition in Grammatical Evolution*. **PROCEEDINGS OF THE ANNUAL CONFERENCE IN GENETIC PROGRAMMING (GECCO 2000)**, 5. **Anais...** MIT Press, 2000 (p. 485-490).

PARENTE, André. **Imagem-máquina: a era das tecnologias do virtual**. São Paulo: Editora 34, 1993.

PERUZZO, Jucimar. **Teoria da relatividade especial**. 2013. Clube de Autores (*managed*).

PINKER, Steven. **Como a mente funciona**. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.

PRIGOGINE, Ilya. **As leis do caos**. São Paulo: Editora da Unesp, 1993.

RIDLEY, Mark. ***Evolution***. Nova Jersey: Blackwell Publishing, 2004.

RINCÓN, Daniel López del. ***Bioarte: arte y vida em la era de la biotecnología***. Tres Cantos: Editora Akal, 2015.

SILVA, Ronaldo Ribeiro da. **Eco_Artificial: um jogo criado como metáfora de um ecossistema a partir da bioarte e do gamearte**. 2014. Orientador(a): Fátima Santos. XXXf. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília. 2014.

STEWART, Robert. *Australasia: with an appendix, containing authentic documents, illustrating the progress and state of the Australasian colonies, to the latest date.* W. Tweedie, 1853.

VENTURELLI, Suzete. **Imagem interativa.** Brasília: Editora da UnB, 2008.

_____. **Estética computacional.** 2010. (No prelo).

WIENER, Norbert. **Cibernética e sociedade:** o uso humano dos seres humanos. São Paulo: Cultrix, 1993.

WHITROW G. J. **O tempo na História:** concepções do tempo da pré-história aos nossos dias. Rio de Janeiro: Zahar, 1993.

Links visitados

ASSIS, Thiago Albuquerque de (Org.). **Geometria fractal:** propriedades e características de fractais ideais. Disponível em: <https://goo.gl/aH9xWJ>. Acesso em: fevereiro / 2017.

GESSERT, George (Org.). **A history of art involving DNA.** Disponível em: <https://bit.ly/2Rp4mUR>. Acesso em: fevereiro / 2017.

GUIMARAES, Frederico Gadelha. **Algoritmos de evolução diferencial para otimização e aprendizado de máquina.** Disponível em: <https://goo.gl/sjvDQe>. Acesso em: abril / 2017.

MAGDALENO, Johnny. **William Latham Was Making Digital Art Using 3D-Modeling Before It Was Cool.** Disponível em: <http://bit.ly/2lzh8uw>. Acesso em: abril / 2019.

MIRANDA, Marcio Nunes de. **Algoritmos genéticos:** fundamentos e aplicações. Disponível em: <https://goo.gl/6zUqY9>. Acesso em: abril / 2017.

PACHECO, Marco Aurélio Cavalcanti. **Algoritmos genéticos:** princípios e aplicações. Disponível em: <https://goo.gl/qc4VC4>. Acesso em: junho / 2017.

POZO, Aurora. **Computação evolutiva.** Disponível em: <https://goo.gl/KSA4Qy>. Acesso em: junho / 2017.

ZUBEN, Fernando J. von. **Computação evolutiva:** uma “nova” forma de resolver problemas. Disponível em: <https://goo.gl/mKMBnc>. Acesso em: junho / 2017.

_____. **Computação evolutiva:** uma abordagem pragmática. Disponível em: <https://goo.gl/ms7mJd>. Acesso em: junho / 2017.

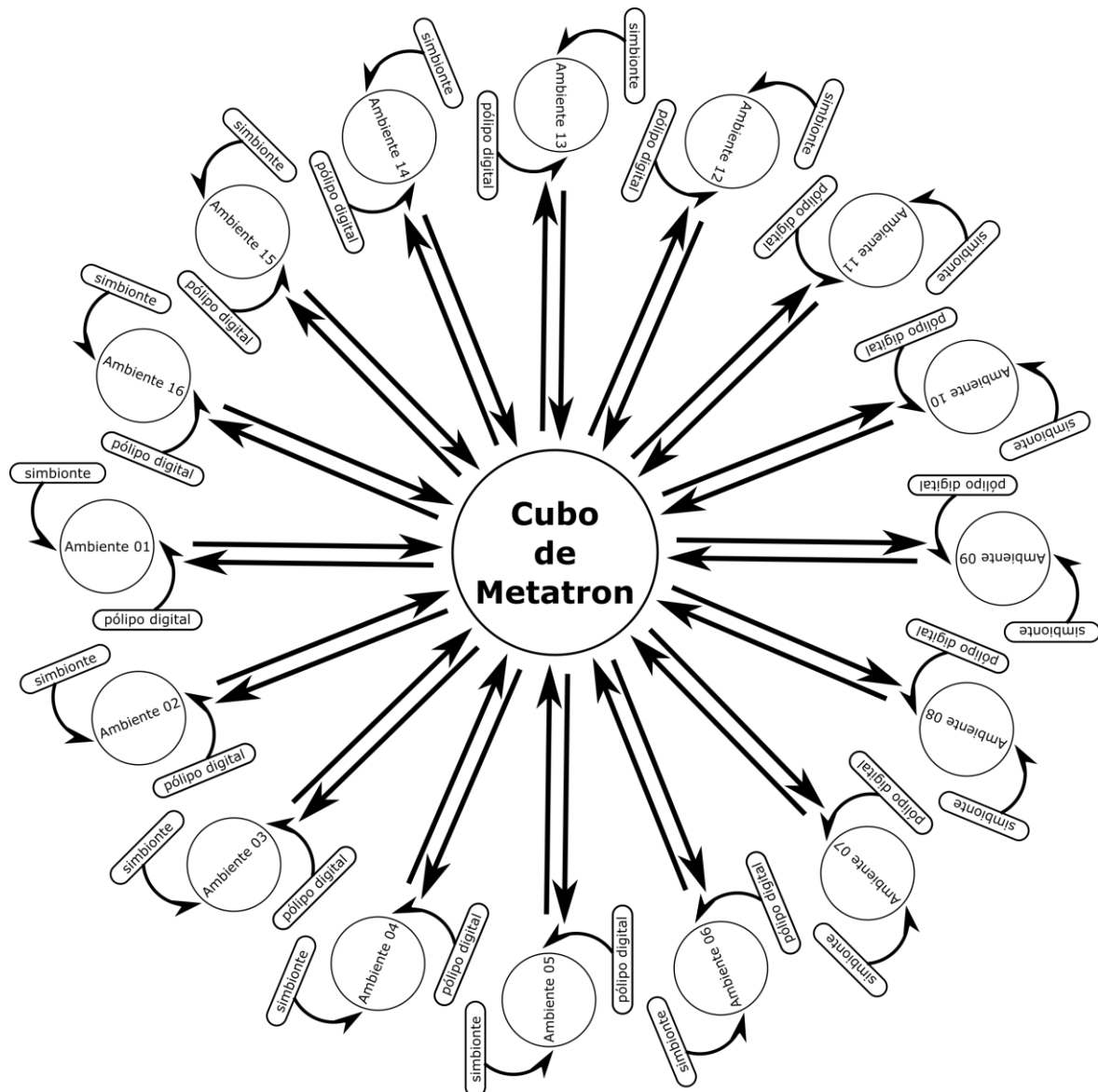
ANEXOS

Link do *gamearte*

Link para baixar o *app* (plataforma *Android*) do *gamearte*: <https://bit.ly/2NeC0Yh> .

Diagrama geral do jogo

Figura 63 – Diagrama envolvendo todas as vidas artificiais do jogo.



Fonte: Ronaldo (2019)

Algoritmos Principais usados no Gamearte

- **InstantiateCubes1.cs:**

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class InstantiateCubes1 : MonoBehaviour {
    public GameObject cubePrefab;
    public int quantidade;
    public float deathTime;
    public float cronometro;
    public float time = 2f;
    private int q;

    void Start()
    {

    }

    void Update()
    {
        cronometro += Time.deltaTime;
        if (cronometro > time)
        {
            deathTime = Random.Range(300f, 3000f);
            quantidade = Random.Range(1, 8);
        }
    }
}
```

```

for (q = 0; q < quantidade; q++)
{

    GameObject cube = Instantiate(cubePrefab, new
    Vector3(Random.Range(-200,200), Random.Range(-
    200,200),Random.Range(-200,200)), Quaternion.identity) as
    GameObject;

    Destroy(cube, deathTime);
}

cronometro = 0f;
}
}
}
}

```

- **Attractor.cs:**

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class Attractor : MonoBehaviour {

    const float G = 667.4f;

    public static List<Attractor> Attractors;

```

```
public Rigidbody rb;

void FixedUpdate ()
{
    foreach (Attractor attractor in Attractors)
    {
        if (attractor != this)
            Attract(attractor);
    }
}

void OnEnable ()
{
    if (Attractors == null)
        Attractors = new List<Attractor>();

    Attractors.Add(this);
}

void OnDisable ()
{
    Attractors.Remove(this);
}

void Attract (Attractor objToAttract)
{
```

```

Rigidbody rbToAttract = objToAttract.rb;

Vector3 direction = rb.position - rbToAttract.position;
float distance = direction.magnitude;

if (distance == 0f)
    return;

float forceMagnitude = G * (rb.mass * rbToAttract.mass) /
Mathf.Pow(distance, 2);
Vector3 force = direction.normalized * forceMagnitude;

rbToAttract.AddForce(force);
}
}

```

- **SimbionteManager.cs:**

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class SimbionteManager : MonoBehaviour {
    GameObject[] Cubos;
    GameObject CurrentCubo;
    int index;
    public int CubesEaten;
}

```

```
public float Speed;

public int CubesToMultiply;

public int CubesPlus;

public int rotationSpeed;

public float TimeLeft, TotalTime;

public GameObject prefab;

void Start () {

    CubesEaten = 0;

    TimeLeft = 0;

    TotalTime = Random.Range(20, 90);

}

// Update is called once per frame

void Update () {

    Cubos = GameObject.FindGameObjectsWithTag("Cubos");

    if (CurrentCubo == null)

    {

        index = Random.Range(0, Cubos.Length);

        CurrentCubo = Cubos[index];

    }

    if(CurrentCubo != null)

    {

        transform.position = Vector3.MoveTowards(transform.position,

CurrentCubo.transform.position, Speed);
```

```

        transform.rotation = Quaternion.Slerp(transform.rotation,
Quaternion.LookRotation(CurrentCubo.transform.position -
transform.position), rotationSpeed * Time.deltaTime);
    }

```

```

    TimeLeft += Time.deltaTime;

```

```

    if(TimeLeft >= TotalTime)

```

```

    {

```

```

        Destroy(gameObject);

```

```

    }

```

```

}

```

```

private void OnTriggerEnter(Collider other)

```

```

{

```

```

    Poliform sphere = other.GetComponent<Poliform>();

```

```

    SimbionteManager cube = GetComponent<SimbionteManager>();

```

```

    if (sphere != null)

```

```

    {

```

```

        sphere.SelfDestroy();

```

```

        CubesEaten += 1;

```

```

        InstantiatePrefab();

```

```

    }

```

```

}

```

```

void InstantiatePrefab()

```

```

{

```

```

    if (CubesEaten >= CubesToMultiply)

```

```

    {

```

```

        Instantiate(prefab, new Vector3(transform.position.x,
transform.position.y, transform.position.z), Quaternion.identity);

        CubesToMultiply += CubesPlus;
    }
}
}

```

- **FiveSlidesRNG.cs:**

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class FiveSlidesRNG : MonoBehaviour {

    private SkinnedMeshRenderer skinnedMeshRenderer;
    private float RNGFloat;
    private float RNGFloat1;
    private float RNGFloat2;
    private float RNGFloat3;
    private float RNGFloat4;

    private void Awake()
    {
        skinnedMeshRenderer =
GetComponent<SkinnedMeshRenderer>();
        RNGFloat = Random.Range(0, 101);
    }
}

```



```
    RNGFloat1 = Random.Range(0, 101);
    RNGFloat2 = Random.Range(0, 101);
    RNGFloat3 = Random.Range(0, 101);
    RNGFloat4 = Random.Range(0, 101);
}

// Use this for initialization
void Start () {
    skinnedMeshRenderer.SetBlendShapeWeight(0, RNGFloat);
    skinnedMeshRenderer.SetBlendShapeWeight(1, RNGFloat1);
    skinnedMeshRenderer.SetBlendShapeWeight(2, RNGFloat2);
    skinnedMeshRenderer.SetBlendShapeWeight(3, RNGFloat3);
    skinnedMeshRenderer.SetBlendShapeWeight(4, RNGFloat4);
}

}
```

- **Sleep.cs:**

```
using UnityEngine;
using System.Collections;

public class Sleep : MonoBehaviour {

    public Material[] materials;
```

```

void OnCollisionEnter(Collision collision) {
    foreach(ContactPoint point in collision.contacts){
        if(point.otherCollider.gameObject.layer == 8) {
            gameObject.layer = 8;
            gameObject.tag = "Cube";
            // Faz o cubo aparecer
            GetComponent<Renderer>().material =
materials[Random.Range(0,materials.Length-1)];
            // Otimizacao
            gameObject.isStatic = true;
            Destroy(GetComponent<Sleep>());
        }
        else if(point.otherCollider.gameObject.layer == 10 ||
point.otherCollider.gameObject.layer == 9){
            // Colidiu com as bordas ou com cubos invisiveis,
nao faz nada
        }
        else{
            // Colidiu com algum outro objeto, destroi o cubo
            Destroy(gameObject);
            return;
        }
    }
}
}
}

```

- **Poliform.cs:**

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class Poliform : MonoBehaviour {

    // Use this for initialization
    void Start () {

    }

    // Update is called once per frame
    void Update () {

    }

    public void SelfDestroy()
    {
        Destroy(gameObject);
    }
}
```