UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DE
RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO DE ORGANIZAÇÕES

LEONARDO AUGUSTO AMARAL TERRA

**Sistemas socioeconômicos sustentáveis: contribuições do modelo de
dinâmica simbiótica**

Orientador: Prof. Dr. João Luiz Passador

RIBEIRÃO PRETO
2015

Prof. Dr. Marco Antonio Zago
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Dante Pinheiro Martinelli
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto

Profa. Dra. Sonia Valle Walter Borges de Oliveira
Chefe do Departamento de Administração

LEONARDO AUGUSTO AMARAL TERRA

**SISTEMAS SOCIOECONÔMICOS SUSTENTÁVEIS: CONTRIBUIÇÕES DO
MODELO DE DINÂMICA SIMBIÓTICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Administração de Organizações da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciências, obtido no Programa de Pós-Graduação em Administração de Organizações.

Áreas de concentração: Desenvolvimento Organizacional, Economia, Sustentabilidade.

Orientador: Prof. Dr. João Luiz Passador.

Versão Corrigida. A original encontra-se disponível na FEA-RP/USP.

RIBEIRÃO PRETO
2015

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Faculdade de Economia Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto

Terra, Leonardo Augusto Amaral

Sistemas socioeconômicos sustentáveis: contribuições do modelo de dinâmica simbiótica. / Leonardo Augusto Amaral Terra; orientador: João Luiz Passador. Ribeirão Preto, 2015. 285 p. : il. ; 30cm

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Administração de Organizações) – Universidade de São Paulo, 2015.

1. Complexidade; 2. Problema Estratégico; 3. Sistemas Socioeconômicos; 4. Dinâmica Simbiótica; 5. Sustentabilidade.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Leonardo Augusto Amaral Terra

Sistemas socioeconômicos sustentáveis: contribuições do modelo de dinâmica simbiótica

Tese apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Administração de Organizações da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciências, obtido no Programa de Pós-Graduação em Administração de Organizações.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Dedico este trabalho a todos aqueles que, em algum momento, acreditaram ser possível fazer um mundo melhor.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Maria Cláudia Amaral Terra e ao meu pai José Tadeu Bichir Terra, por terem possibilitado minha formação e me dado aquilo que era necessário para que eu chegasse até este momento.

Ao Professor Dr. João Luiz Passador pela orientação, pelas lições de vida, pela amizade, pelo apoio no decorrer de minha carreira acadêmica e, principalmente, pelo carinho e confiança com que trata seus orientados.

Aos membros de minha banca de qualificação, os professores Dante Pinheiro Martinelli e Marcelo Botelho da Costa Moraes, por suas contribuições que me ajudaram a dimensionar melhor o escopo do trabalho.

À minha namorada Cintia Vendramini Gazotto, pelo carinho, paciência e por ser meu talismã, nos momentos em que mais precisei.

Aos meus grandes amigos do NMC, pela presença constante em minhas conquistas e momentos difíceis, em especial André Nobre, Luís Fernando Duarte, Raoni Ciasca e Victor Miller pelo mutirão que fizeram para me ajudar a concluir as simulações deste trabalho em seus computadores.

À minha irmã, Fabíola Amaral Terra, pelo apoio dado nos momentos difíceis e pelo empréstimo dos computadores de sua empresa para rodar as simulações.

Ao meu padrasto Vinício Pecci pelo apoio e por ter ajudado emprestando seu computador nas fases finais das simulações.

Aos meus colegas de mestrado e doutorado que muito contribuíram com discussões e considerações a respeito desta obra, em especial aos amigos Christian Ganzert por suas contribuições e Mirna de Lima Medeiros, por me “empurrar” em momentos de desânimo.

Aos professores e funcionários da Universidade de São Paulo, sem os quais esta aventura não teria se constituído na maravilhosa experiência que se concretizou, em especial a professora Dra. Cláudia Souza Passador por me estimular a embarcar na grande aventura da vida na academia.

A mente, uma vez aberta a uma nova ideia,
jamais retorna ao seu tamanho original.

Oliver Wendell Holmes

RESUMO

TERRA, L. A. A. **Sistemas socioeconômicos sustentáveis: contribuições do modelo de dinâmica simbiótica**, 285 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2015.

O cenário de constante transformação do mundo contemporâneo aponta para uma necessidade urgente de novas descrições da realidade, capazes de sintetizar as complexas relações vivenciadas nos sistemas socioeconômicos e direcionar os tomadores de decisão para ações que garantam a sustentabilidade dos mesmos. Uma das propostas para lidar com tal questão no ambiente da estratégia é a hipótese da Dinâmica Simbiótica. Esta tratativa teórica a despeito de já oferecer uma opção consistente em outras áreas do conhecimento, ainda carecia de ampliação conceitual e validação de certas premissas que as legitimassem na área gerencial. Neste sentido, este esforço de pesquisa objetiva validar tais premissas e determinar os princípios que possibilitam a emergência e manutenção de sistemas socioeconômicos sustentáveis. Para tanto, foi desenvolvida uma pesquisa baseada em experimentos de etologia sintética, construídos especificamente com o fim de validar as hipóteses em pauta. Com este procedimento, foi possível constatar que as organizações, como sistemas sociotécnicos, possuem uma dinâmica autopoietica, onde a incorporação de novos componentes e o porte das mesmas, se apresentam como fatores de grande influência em sua sobrevivência. Quando interconectadas com outros agentes, inclusive de mesmo tipo, estas organizações compõem um ambiente socioeconômico sujeito a rupturas que o levam a diferentes patamares qualitativos. Neste contexto, o trabalho destas estruturas em prol da estabilidade do ambiente, buscando estabelecer um equilíbrio adequado entre consumo e regeneração de recursos, se mostrou promissor para aumentar as chances, tanto individuais como do próprio sistema socioeconômico, de se perpetuarem ao longo do tempo.

Palavras chave: 1. Complexidade; 2. Problema Estratégico; 3. Sistemas Socioeconômicos; 4. Dinâmica Simbiótica; 5. Sustentabilidade.

ABSTRACT

TERRA, L. A. A. **Sustainable socio-economic systems: contributions of symbiotic dynamics model**, 285 p. Doctor Degree Thesis – School of Economics, Management and Accounting of Ribeirão Preto, University of São Paulo, Ribeirão Preto, 2015.

The constant transformation of the contemporary world points to an urgent need for new descriptions of reality, able to synthesize the complex relationships between direct decision makers in socioeconomic systems and point to actions that ensure their sustainability. One proposal to deal with this issue in a strategic environment is the hypothesis of symbiotic dynamics. This theoretical approach, despite providing consistent option in other areas of knowledge, still lacked conceptual expansion and validation of certain assumptions to legitimize it in management. This research aims to validate this effort and determine the principles that make the emergence and maintenance of sustainable socioeconomic systems. Therefore, a search based on synthetic ethology experiments was built specifically to validate the hypotheses in question. This method found that organizations such as socio-technical systems have autopoietic dynamics, where the incorporation and size of new components are the most influential factors in their survival. When interconnected with other agents, including those of the same type, these organizations make up a socioeconomic environment subject to disruptions that lead to different quality levels. In this context, the work of these frameworks to support the environmental stability, seeking to establish an appropriate balance between consumption and resource regeneration, promises to increase the chances of a socioeconomic system perpetuating it over time.

Keywords: 1. Complexity; 2. Strategic Problem; 3. Socioeconomic Systems; 4. Symbiotic Dynamics; 5. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: A inevitável transformação na indústria	27
Figura 2: Apresentação das seções e sua relação com os objetivos específicos do trabalho	39
Figura 3: Propriedades compartilhadas entre os níveis sistêmicos	43
Figura 4: Modelo básico para os laços de realimentação (<i>feedback</i>)	46
Figura 5: Funcionamento do homeostato	51
Figura 6: Unidade autopoiética oriunda das reações sugeridas por Maturana.	67
Figura 7: Dinâmica que origina as estratégias realizadas pela organização.	78
Figura 8: Esboço da essência primeira do problema estratégico.....	94
Figura 9: A formação da estratégia como um único processo	97
Figura 10: Modelo de incentivo da motivação	109
Figura 11: Modelo homeostático de motivação	111
Figura 12: abordagem sociotécnica do instituto Tavistock.....	129
Figura 13: Conversão da essência primeira de uma organização em um diagrama sintético	131
Figura 14: Ecossistema global finito, relativo ao subsistema econômico em crescimento.	135
Figura 15: Diagrama esquemático da dinâmica do problema estratégico.....	137
Figura 16: Cenário inicial.....	165
Figura 17: Cenário após 1000 turnos.	165
Figura 18: Árvore de decisão utilizada pelos agentes.....	179
Figura 19: Cenário - Turno 250 com organizações e agentes em seu contexto.	206
Figura 20: Organização BC1 85 - Turno 250 com todos os <i>links</i>	206
Figura 21: Organização BC1 85 - Turno 250 com <i>links</i> hierárquicos e entre agentes e sistemas técnicos.....	206
Figura 22: Organizações BC1 66, BC1 73 e BC1 85, apresentadas no contexto – turno 146.	212
Figura 23: Organizações BC1 66, BC1 73 e BC1 85, prontas para visualização – turno 146.	212
Figura 24: Organizações BC1 66, pronta para visualização – turno 170.	213
Figura 25: Organizações BC1 85, pronta para visualização – turno 170.	213

Figura 26: Principais organizações – turno 189.....	214
Figura 27: Principais organizações – turno 190.....	214
Figura 28: Organização BC1 85 – turno 256.	215
Figura 29: Principais organizações – turno 231.....	216
Figura 30: Principais organizações – turno 257.....	216
Figura 31: Organizações, apresentadas no contexto – turno 300.	217
Figura 32: Organizações, prontas para visualização – turno 300.....	217
Figura 33: Organizações – turno 225.....	217
Figura 34: Organizações – turno 300.....	217
Figura 35: “Caso Japão” – turno 1600.	235
Figura 36: Pico populacional do experimento de controle – turno 420.	235

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Princípios da Cibernética.....	45
Quadro 2: Descrição dos componentes básicos de um sistema cibernético	46
Quadro 3: Mapeamento dos estados dados por transições de estado $x \rightarrow f(x)$ onde $f(x) = 3x$	48
Quadro 4: Principais características dos sistemas auto-organizados	53
Quadro 5: Descrição dos três tipos de atratores	56
Quadro 6: Reação sugerida por Humberto R. Maturana para simular um sistema autopoietico	66
Quadro 7: Questões tratadas pelo problema estratégico.....	85
Quadro 8: Temas abordados pela economia	87
Quadro 9: Variáveis do problema estratégico, segundo a abordagem da dinâmica simbiótica	94
Quadro 10: Principais aspectos das dez escolas de pensamento estratégico,	96
Quadro 11: Quatro tipos de relação que dão origem à aprendizagem operante	102
Quadro 12: Concordâncias da abordagem de seleção de hipóteses.....	103
Quadro 13: Tipos motivacionais de valores.	110
Quadro 14: Conceitos, abrangência e tipologia do fator terra.....	134
Quadro 15: Propriedades de um agente segundo a noção fraca.....	151
Quadro 16: Quatro categorias de definições de inteligência artificial.....	152
Quadro 17: Hipóteses a serem testadas	155
Quadro 18: características dos elementos do cenário.	164
Quadro 19: Valores médios de partida de z para cada necessidade	175
Quadro 20: Principais variáveis dos agentes.	181
Quadro 21: Síntese dos resultados	237

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Escolha das trajetórias em um ponto de bifurcação.....	60
Gráfico 2: Bifurcações sucessivas em um sistema de não-equilíbrio	61
Gráfico 3: Função utilidade total	117
Gráfico 4: Função utilidade marginal	117
Gráfico 5: Taxa marginal de substituição entre os produtos X e Y	118
Gráfico 6: Curva de indiferença entre os produtos X e Y	119
Gráfico 7: Mapa de indiferença para os produtos X e Y	120
Gráfico 8: Escolha ótima da cesta de consumo	122
Gráfico 9: Situação onde a tangência não é suficiente para garantir a maximização	124
Gráfico 10: evolução da utilidade total descrita pela função $U_n(x)$	174
Gráfico 11: População no decorrer do teste da hipótese 3	211
Gráfico 12: população no decorrer do teste da hipótese 3	211
Gráfico 13: Disponibilidade de recursos no ambiente.....	214
Gráfico 14: População no decorrer do teste da hipótese 4 – Caso 1.	219
Gráfico 15: Organizações no decorrer do teste da hipótese 4 – Caso 1.	219
Gráfico 16: Produtividade dos agentes no decorrer do teste da hipótese 4 – Caso 1.	219
Gráfico 17: Evolução dos recursos no decorrer do teste da hipótese 4 – Caso 1. ...	219
Gráfico 18: População no decorrer do teste da hipótese 4 – Caso 2	221
Gráfico 19: Organizações no decorrer do teste da hipótese 4 – Caso 2	221
Gráfico 20: Produtividade dos agentes no decorrer do teste da hipótese 4 – Caso 2.	221
Gráfico 21: Evolução dos recursos no decorrer do teste da hipótese 4 – Caso 2. ...	221
Gráfico 22: Evolução dos recursos com limite à reprodução a partir de 200 agentes.	229
Gráfico 23: Evolução dos recursos com limite à reprodução a partir de 95 agentes.	229
Gráfico 24: Evolução da utilidade no modelo de controle.	232
Gráfico 25: Evolução da utilidade com limite à reprodução a partir de 95 agentes.	232

Gráfico 26: Evolução da utilidade com limite à reprodução a partir de 200 agentes e função semear.....	232
Gráfico 27: Evolução da média de reserva de dinheiro dos agentes e seu desvio padrão no modelo de controle.....	234
Gráfico 28: Evolução da utilidade percebida pelos agentes no modelo de controle.	234

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Nível de alavancagem da produtividade vs. ocupação nas organizações BC1	202
Tabela 2: Diferença entre o tempo de vida de organizações com e sem regeneração da rede formal de relações.	204
Tabela 3: Diferença entre o tempo de vida de organizações com e sem atuação visando ajuste do meio.	223
Tabela 4: Diferença entre o tempo de vida do sistema socioeconômico com a obrigatoriedade de regeneração do ambiente, em relação ao padrão.	224
Tabela 5: Diferença entre o tempo de vida do sistema socioeconômico com limite populacional de 200 agentes, em relação ao padrão.	225
Tabela 6: Diferença entre o tempo de vida do sistema socioeconômico com limite populacional de 95 agentes, em relação ao padrão.	226
Tabela 7: Diferença entre o tempo de vida do sistema socioeconômico com um limite de exploração de recursos, em relação ao padrão.....	227
Tabela 8: Diferença entre o tempo de vida do sistema socioeconômico com limite populacional de 200 agentes e obrigatoriedade de regeneração do ambiente, em relação ao padrão.	228
Tabela 9: Diferença entre o tempo de vida do sistema socioeconômico com limite populacional de 200 agentes, em relação ao modelo com limite populacional de 95 agentes.	230
Tabela 10: Diferença entre o tempo de vida do sistema socioeconômico com limite populacional de 200 agentes e obrigatoriedade de regeneração do ambiente, em relação aos modelos dotados apenas da primeira restrição.	231

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	25
1.1 Problema de pesquisa	29
1.2 Objetivo geral	30
1.3 Objetivos específicos.....	30
1.4 Justificativa	31
1.5 Estrutura do trabalho	37
2 PRINCÍPIOS ORGANIZACIONAIS EM SISTEMAS COMPLEXOS	41
2.1 A cibernética e os princípios da auto-organização	44
2.2 A matemática do caos e a dinâmica da complexidade	55
2.3 Máquinas produzidas pelo homem e máquinas vivas.....	63
2.4 Simbiogênese: os acoplamentos dos sistemas vivos	70
3 O PROBLEMA ESTRATÉGICO E A COMPLEXIDADE	77
3.1 Definindo o problema estratégico	84
3.2 A natureza econômica do problema estratégico	86
4 O PROBLEMA ESTRATÉGICO: DA PARTE AO TODO	93
4.1 O agente individual.....	98
4.2 As organizações	128
4.3 O contexto dos suprassistemas	133
5 PRINCÍPIOS PARA ESTUDOS EM ETOLOGIA SINTÉTICA	143
5.1 Características de um experimento de etologia sintética	150
6 PROCEDIMENTOS DE PESQUISA	155
6.1 Materiais utilizados	156
6.2 <i>Design</i> do modelo de controle utilizado na simulação.....	158
6.3 Procedimentos experimentais e de análise	188
7 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS.....	199
7.1 Organizações como sistemas sociotécnicos autopoieticos.....	200
7.2 A organização como simbiote em um ambiente autopoietico	218
7.3 Outros achados	233
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	237
REFERÊNCIAS	247
APÊNDICE A – ALGORITMO DO MODELO PARA NETLOGO 5.1.0	257

1 INTRODUÇÃO

Durante grande parte do século XX as transformações econômicas e sociais foram tratadas como parte de um grande fenômeno superficial, em um mundo essencialmente estável (Capra, 1983; Drucker, 1994). Apesar dos avanços vivenciados nas ciências naturais, desde o início do século em questão (Casanova, 2004), a ciência das organizações só passou a se interessar pelas abordagens baseadas em um universo regido pela instabilidade, a partir da década de 1980, quando as ações de grandes líderes mundiais, como o presidente dos Estados Unidos da América Ronald Wilson Reagan, o secretário-geral do comitê central do partido comunista soviético, Mikhail Serguéievich Gorbachev, e a primeira ministra inglesa Margaret Hilda Thatcher, promoveram uma ruptura na ordem política, social e econômica, estabelecida após a segunda guerra mundial (Drucker, 2003).

Neste período, os abatimentos bruscos nos cenários se tornaram tão frequentes que Peters (1989, p. 9) chegou a decretar que “previsibilidade [era] coisa do passado”. Para o autor, o aumento do número de variáveis decorrentes da globalização, do novo modelo especulativo dos mercados financeiros, da tecnologia e da própria visão da sociedade, tornaram o ambiente excessivamente complexo para ser previsto, o que levou as organizações a uma situação de ameaça incessante e elevado risco à sua sobrevivência.

Importantes contribuições foram feitas no sentido de preparar as organizações para esta nova realidade, onde a complexidade se faz presente do dia a dia das mesmas (Faria, 2005). Entretanto, Herepath (2014) e Jarzabkowski e Paul Spee (2009) afirmam que até os dias de hoje, as ligações entre os fenômenos sociais e as ações executivas permanecerem subdesenvolvidas para lidar com esta problemática, dificultando as ações dos gestores. Hurtado (2006), Faria (2005) e Pascale (2002) vão além e afirmam que, mesmo diante de todo o esforço feito até então, a lógica profunda do pensamento estratégico ainda “[...] baseia-se em pressupostos deterministas de causa e efeito [...]”, onde o equilíbrio dinâmico é

aceito “[...] como base razoável para a formulação das estratégias (Pascale, 2002, p. 112).

Para Smets e Jarzabkowski (2013) e Jarzabkowski e Wilson (2006), estas dificuldades encontradas, se devem ao fato da maior parte dos esforços desenvolvidos pelos pesquisadores da área, ter sido no sentido de construir uma nova ortodoxia ou de formular críticas aos antigos modelos, em detrimento de compreender a lógica profunda por trás do fenômeno. Para Zey-Ferrell (1981), Prahalad e Hamel (1994), Drucker (1994), Bertero et al. (1999), Bauer (1999), Faria (2005) e Hurtado (2006), isto se deve às próprias opções epistemológicas adotadas pelos autores da área, cujo enfoque levou a uma realidade onde conceitos importantes ainda são negligenciados, permanecem fragmentados e não dão conta das relações necessárias para a completa compreensão do enredamento ao qual as organizações se encontram submetidas.

Dentre tais problemáticas, a fragmentação de conceitos é especialmente grave nos estudos organizacionais. Epstein e Axtell (1996, p. 1) lembram que, “[...] muitos processos sociais de importância crucial são complexos. Eles não podem ser perfeitamente decompostos em subprocessos – econômico, demográfico, cultural, espacial – cujas análises podem ser agregadas para dar uma análise adequada do processo como um todo”¹. Isto torna o exame de casos isolados e a pesquisa baseado em disciplinas altamente especializadas, um problema real ao qual os estudos organizacionais encontram-se submetidos e precisam transcender.

Neste sentido, Faria (2005) argumenta que esta crise afeta diretamente os estudos acerca de como os agentes econômicos tomam suas decisões e exige uma ampla revisão de aspectos ontológicos, epistemológicos e metodológicos da área de gestão. Uma vez que, “muitos dos pressupostos que foram incorporadas nos modelos de estratégia tradicionais podem estar incompletos e/ou desatualizados à medida que nos confrontamos com o novo ambiente competitivo”² (Prahalad & Hamel, 1994, p. 6), esta mudança radical, como proposta por Faria (2005), se mostra de fundamental importância para as organizações contemporâneas.

¹ Do inglês: “[...] many crucially important social processes are complex. They are not neatly decomposable into separate subprocesses – economic, demographic, cultural, spatial – whose isolated analyses can be aggregated to give an adequate analysis of the social processes a hole.”

² Do inglês: “Many of assumptions that were embedded in traditional strategy models may be incomplete and/or outdated as we approach the new competitive milieu.”

Prahalad e Hamel (1994, p. 6) concordam com tal percepção e afirmam que um cenário como o contemporâneo, exige uma busca por metodologias que se diferenciem das tradicionais e tornem possível a busca por uma ampla variedade de abordagens distintas que passem pelo tratamento de assuntos pouco ou nada explorados pela área. Para os autores, o contexto descrito provoca uma pressão para que se repense radicalmente as perspectivas acerca da estratégia, em seus mais profundos fundamentos – ver figura 1.

Figura 1: A inevitável transformação na indústria

Fonte: Prahalad e Hamel (1994, p. 7)

Diante da complexificação crescente das relações que envolvem o ambiente socioeconômico, Capra (1983, 2002, 2006), Stacey (1995), Faria (2005) e Hurtado (2006) indicam que o paradigma da complexidade, com suas bases estruturadas no pensamento sistêmico e na matemática do caos, trata-se da principal alternativa contemporânea a carregar a carga conceitual, capaz de conciliar as descrições acerca da dinâmica socioeconômica e, conforme ressalta Stacey (1995), unificar as visões de estratégia emergente e estratégia deliberada. Tal percepção também é compartilhada por Haselhoff (1981, p. 31) para quem “[...] a complexidade, a dinâmica e a abertura teriam de tornar-se as palavras-chave do novo paradigma da ciência das organizações.”

Destarte, o cenário em pauta destaca que é preciso repensar com novas lentes os aspectos socioeconômicos que norteiam a ação estratégica no ambiente

organizacional, de forma a incluir a complexidade como princípio fundamental para a compreensão dos fenômenos estudados. No entanto, Nowotny (2005, p. 29) destaca que este tipo de estudo “[...] requer um profundo entendimento teórico da complexidade, não como um fenômeno matemático e sim como um fenômeno social.”³

No âmbito dos estudos a respeito da estratégia, trabalhos como os de Stacey (1991, 1995, 1996, 2007) articulam os princípios da auto-organização e do caos em torno de uma perspectiva complexa para descrever a estratégia e a dinâmica da mudança e do aprendizado nas organizações. Ainda no âmbito das discussões sobre a dinâmica interna das organizações, Bauer (1999) desenvolveu um esforço cujo resultado indicou que o sistema social das organizações – como fenômeno responsável pela identidade das mesmas – pode ser descrito por meio da teoria do caos e dos princípios da auto-organização e da autopoiese, dando um passo de caráter explicativo para o problema.

Posteriormente, Terra (2010) e Terra e Passador (2014) foram além e propuseram uma hipótese explicativa acerca das dinâmicas das relações internas e externas das organizações que transcende a visão focada na estrutura social, desenvolvida por autores como Bauer e Stacey. Com base em uma ampla perspectiva socioeconômica, os autores Os autores buscaram mapear os princípios organizacionais do sistema socioeconômico, tanto em nível micro, como em nível macro. Para tal, recuperaram a noção sociotécnica da organização para propor a sua hipótese principal de que os agentes sociais e as organizações por eles integradas, tratam-se de componentes de um grande sistema, ricamente interligado, onde os acoplamentos entre entidades com dinâmicas distintas – finalistas e não finalistas – fazem surgir uma dinâmica de caráter autopoietico, cuja dinâmica está sujeita a propriedades similares as encontradas nos organismos vivos (Terra, 2010; Terra & Passador, 2014).

Como consequência da proposição principal, os autores indicaram outras seis hipóteses relevantes: (1) a incorporação de novos agentes pode colocar em risco a sobrevivência das organizações; (2) organizações menores tendem a ter maior

³ Do Inglês: “A deeper theoretical understanding of complexity, not as a mathematical, but as a social phenomenon is required.”

capacidade de sobrevivência diante de crises de recursos; (3) os sistemas sociais possuem uma dinâmica sujeita a rupturas sucessivas que geram novas configurações estáveis; (4) organizações que trabalham em prol da manutenção da estabilidade do ambiente diante em sua faixa de compensações tendem a sobreviver por mais tempo; (5) os agentes reguladores centrais podem contribuir para a longevidade dos sistemas socioeconômicos; e (6) o balanço entre a capacidade de regeneração e o consumo de recursos é fundamental para a longevidade dos sistemas socioeconômicos.

Apesar da formulação desta hipótese, denominada pelos autores de “Dinâmica Simbiótica”, ter se dado com base em princípios epistemológicos e metodológicos que levaram em conta o caráter ontológico altamente complexo do objeto de estudo, o método fenomenológico adotado por Terra (2010) e (Terra & Passador, 2014), deixa a perspectiva da dinâmica simbiótica no campo das possibilidades puras. “[...] A ciência das possibilidades puras precede em si aquelas das realidades e as torna possíveis como ciência” (Husserl, 2001, p. 88). Deste modo, é preciso reconhecer que as reduções originalmente eidéticas, como a proposta da Dinâmica Simbiótica são, na verdade, as hipóteses que fundamentam e precedem as descrições do tipo empíricas. Assim sendo, aquelas são subsídios para estas e não substitutas (Husserl, 2001). Portanto, apesar da solidez conceitual, esta importante contribuição para compreensão da complexidade à qual se submetem as organizações e a própria sociedade, precisa ser convertidas em atividades empíricas, capazes de confirmar e refinar as descrições propostas.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O cenário delineado ilustra a necessidade de se encontrar descrições e explicações adequadas para que as organizações sejam capazes de orientar suas

decisões estratégicas e lidar com o problema da complexidade. Por sua fundamentação epistemológica e metodológica, a hipótese da Dinâmica Simbiótica se mostra promissora para cumprir com esta tarefa. Contudo esta proposta ainda se encontra no campo das possibilidades puras e carece de confirmação empírica. Diante da relevância que tais afirmações poderiam assumir para instrumentalizar e orientar o processo decisório nas organizações e nos sistemas de governo, cabe questionar: A hipótese principal desta abordagem e suas proposições consequentes, são válidas?

1.2 OBJETIVO GERAL

O presente estudo teve por objetivo verificar a validade da hipótese da Dinâmica Simbiótica, por meio da validação de sua premissa fundamental e de suas principais consequências, e determinar os princípios oriundos desta ideia que possibilitam a emergência de sistemas socioeconômicos sustentáveis.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recapitular e revisar as variáveis dinâmicas do problema estratégico, propostas pela perspectiva da Dinâmica Simbiótica;
- Definir uma forma de avaliação das hipóteses propostas.

- Identificar se a dinâmica dos sistemas sociotécnicos de uma organização corresponde às proposições da dinâmica simbiótica;
- Verificar a contribuição dos agentes reguladores para a longevidade dos sistemas socioeconômicos;
- Analisar os riscos inerentes a inserção de novos agentes no contexto da dinâmica simbiótica;
- Identificar como a complexidade das estruturas pode influenciar em sua sobrevivência;
- Explicar o papel da regeneração dos suprassistemas e das organizações na sobrevivência dos sistemas socioeconômicos.

1.4 JUSTIFICATIVA

Onde tantos modelos teóricos falharam, por que empreender tempo na construção e validação de um novo modelo teórico?

Construir modelos é mais ou menos como desenhar mapas. Embora cidades reais não se pareçam em nada com os mapas das cidades, mapas são úteis precisamente porque ignoram informações desnecessárias, como a cor da segunda casa a partir da esquina das ruas A e B. Mapas nos são apenas o que precisamos saber para chegar de um ponto a outro. Similarmente, modelos econômicos separam as informações relevantes do meio de uma infinidade de detalhes econômicos. (Eaton & Eaton, 1999, p. 28)

Como mapas, os modelos são necessários para simplificar o processo de decisão e auxiliar os indivíduos na compreensão da dinâmica que os cercam. Mas, assim como os mapas, muitas vezes os modelos precisam ser atualizados para identificar novas configurações ou partes ainda não visualizadas de um determinado problema.

Neste contexto, Kuhn (1996) lembra que os modelos teóricos, construídos pela ciência, podem se encontrar incompletos e/ou desatualizados diante de certas conjunturas e/ou observações. De acordo com o autor, reconhecer que um modelo teórico pode não conseguir explicar determinados fenômenos, é um rito normal no processo de evolução da ciência pois, “[...] as teorias científicas não são o reflexo puro e simples das realidades objetivas, mas coprodutos das estruturas do espírito humano e das condições socioculturais do conhecimento.” (Morin, 2007b, p. 55)

Destarte, uma plataforma teórica é fundamental para possibilitar a compreensão humana acerca da realidade que nos cerca, mas também se faz necessário compreender que a ciência está em constante transformação, uma transformação que caminha rumo ao aperfeiçoamento e à explicações cada vez mais abrangentes dos fenômenos.

Quando um novo fato pode ser observado e/ou um novo paradigma surge, rupturas podem ocorrer em toda a base teórica, até então implementada. A este processo Kuhn (1996) deu o nome de “Revolução Científica”. Muitas vezes, estas buscas são baseadas em novas observações que podem explicitar as deficiências dos paradigmas vigentes e exigir a construção de novos modelos e novas bases conceituais, capazes de explicar com maior precisão determinados fenômenos (Kuhn, 1996).

Uma revolução científica não decorre, portanto, de processos lineares de acumulação, mas de um evento abrupto e não estruturado, algo como um poderoso *insight*, após o que o cientista se vê como que remetido a um outro mundo, distinto daquele regido pelo paradigma ultrapassado. (Bauer, 1999, p. 22)

Como visto anteriormente, a realidade do mundo contemporâneo vem explicitando um contexto de complexidade crescente, onde rupturas e novos contextos emergem a cada instante. Esta nova percepção de mundo, tem se mostrado incoerente com os modelos fundamentados no paradigma cartesiano, onde uma perspectiva linear de causa e efeito é aceita como base razoável para a formulação de constructos teóricos.

Em uma rede interligada, como os sistemas socioeconômicos, este reducionismo se mostra incapaz de contemplar os impactos transformadores das ações dos agentes, sobre o próprio ambiente que os cercam. Diversos estudos têm

demonstrado que as ações realizadas pelos agentes sociais possuem a capacidade de promover impactos significativos sobre as organizações (Mintzberg, Ahlstrand & Lampel, 1998), a sociedade (Whittington, 2004) e também sobre os ecossistemas e à ordem planetária (Senge, Scharmer, Jaworski & Flowers, 2008; Vitousek, 1994).

Esta situação desperta preocupação, pois ao atuarem sem uma consciência clara acerca das maneiras com as quais interagem com o ambiente externo, as organizações podem produzir significativas alterações nestes cenários. Suas ações podem desencadear transformações com a capacidade de provocar elevados custos políticos, ambientais, sociais e financeiros, com reflexos desastrosos sobre a sociedade e, por consequência, sobre elas próprias.

No sistema socioeconômico contemporâneo, encontra-se diversos exemplos deste tipo, como crises financeiras de dimensões globais, grandes mudanças no contexto político, mas talvez o mais evidente destes exemplos possa ser visto nas dramáticas consequências das pressões produtivas que a sociedade contemporânea tem exercido sobre os ecossistemas globais. No passado o subsistema econômico representava uma parcela pequena de todo o ecossistema. Hoje esta realidade mudou. O aumento da população humana levou ao aumento de todo o subsistema econômico que impactou diretamente sobre o equilíbrio dos ecossistemas globais (Costanza, Cumberland, Daly, Goodland & Norgaard, 1997). Conforme lembra Senge et al. (2008):

Historicamente nenhum indivíduo, tribo ou nação pôde alterar o clima global, destruir milhares de espécies ou alterar o equilíbrio químico da atmosfera. Contudo isto está acontecendo hoje, com nossas ações individuais sendo mediadas e amplificadas por meio da crescente rede de instituições globais.⁴ (Senge et al., 2008, p. 3)

A realidade dos problemas ambientais leva a uma situação preocupante, pois o ecossistema possui uma capacidade de regeneração limitada. Diante deste contexto seria necessário manter o crescimento do subsistema econômico, dentro dos limites de regeneração e fornecimento de recursos do ecossistema, para que ambos não venham a sucumbir (Goodland, 1992).

⁴ Do inglês: "Historically, no individual, tribe, or nation could alter the global climate, destroy thousands of species, or shift the chemical balance of the atmosphere. Yet that is happening today, as our individual actions are mediated and magnified through the growing network of global institutions."

Este fenômeno – em evidência na mídia e no meio acadêmico atual – ilustra claramente as dificuldades vivenciadas pelos agentes contemporâneos, nos mais diversos âmbitos, para lidar com problemas de tamanha complexidade. Assim, se torna necessária uma revisão urgente nas abordagens econômicas que tratam da gestão ambiental (Costanza et al., 1997).

Apesar das grandes implicações, este é apenas um exemplo frente a uma série de outros desafios, de mesma magnitude e complexidade, aos quais a sociedade tem sido submetida, nas mais diversas áreas. As sucessivas crises vivenciadas neste contexto, apontam para uma lacuna no conhecimento teórico, no que tange a explicações capazes de auxiliar os tomadores de decisão a lidarem com a capacidade de amplificação produzida pelos laços de realimentação. Este fenômeno tem levado a sociedade contemporânea a se defrontar “[...] com toda uma série de problemas globais que estão danificando a biosfera e a vida humana de uma maneira alarmante, e que pode logo se tornar irreversível.” (Capra, 2006, p. 23; Sachs, 2008)

Nas ciências sociais e humanas a distinção entre norma social e teoria produz “[...] implicações metodológicas que são potencialmente críticas.” (Thiollent, 1983, p. 60) A metodologia empregada é submetida a “[...] exigências naturais e a normas sociais [...]” que podem levar a desvios oriundos de uma análise reduzida do problema (Thiollent, 1983, p. 61). “Por falta de uma preocupação metodológica e epistemológica, perde-se a visão de conjunto dos problemas relacionados com as possibilidades da investigação e permanece-se apegado à visão utilitarista e imediatista.” (Thiollent, 1983, p. 66) “É justo dizer que, em geral, as ciências sociais, especialmente a teoria dos jogos e teoria do equilíbrio geral, têm se preocupado com o equilíbrio estático, e, essencialmente, têm ignorado a dinâmica temporal.”⁵ (Epstein & Axtell, 1996, p. 2)

Portanto, o contexto dos estudos do problema econômico e, por consequência, do problema estratégico, leva a uma necessidade de refletir sobre as construções teóricas tendo por base a realidade social, para que não se incorra no risco de transformar tais formulações em meros dogmas (Marx & Engels, 2001).

⁵ Do inglês: “it is fair to say that, by and large, social science, especially game theory and general equilibrium theory, has been preoccupied with static equilibria, and has essentially ignored time dynamics.”

Nesta conjuntura, o campo das ciências sociais precisa considerar que a reflexão, por si só, não é suficiente para alinhar o corpo teórico com as necessidades da prática cotidiana. Este ramo do conhecimento precisa enraizar suas bases em princípios epistemológicos e metodológicos, capazes contemplar a realidade contemporânea das organizações (Clegg, Carter & Kornberger, 2004, p. 27).

Sendo a organização uma totalidade na qual se manifestam fenômenos de tomada de consciência, afetividade e criatividade, torna-se muito difícil e até equivocado o isolamento de variáveis. Tornam-se inadequadas hipóteses de simples formulação e ambíguos os meios de comprovação. (Thiollent, 1983, pp. 81-82)

Portanto, o cenário em pauta exige o desenvolvimento de uma ciência social cujo enfoque seja sistêmico, capaz de possibilitar a compreensão do processo de tomada de decisão em condições de elevada complexidade e incerteza. Assim, um estudo aprofundado das relações entre indivíduos, os sistemas econômicos e a própria ecologia, se faz necessária. Neste contexto a economia assume um papel importante, já que a ecologia pode ser tratada como a economia da natureza, um contexto no qual o sistema econômico da sociedade humana é apenas uma pequena parcela (Costanza et al., 1997).

Os trabalhos de autores, como Trist (1977), que Caravantes, Panno e Kloeckner (2005) colocam entre os mais importantes a tratarem as organizações de maneira sistêmica, também indicam a necessidade urgente em se estabelecer uma ligação entre comportamento organizacional e os campos do planejamento, *link* este que só seria possível por meio de abordagens ecológicas. Uma vez que, conforme Capra (2006), as abordagens “sistêmicas” e “ecológicas” podem ser vistas como sinônimos, pode-se dizer que Stacey (1995), também compartilha desta visão ao afirmar que o paradigma da complexidade e seus princípios sistêmicos, são os únicos capazes de dar conta das problemáticas que têm emergido das complicadas relações estabelecidas na sociedade contemporânea.

Diante deste contexto, Nowotny (2005) ainda ressalta que uma abordagem focada na complexidade exige uma interface entre as ciências naturais e as ciências humanas para permitir a compreensão das interações sistêmicas entre a sociedade e a natureza.

É evidente que os seres humanos, ao contrário das moléculas, são capazes de imaginar, inventar, criar correlações, ou seja, são capazes de se propor os problemas que vivem. Não se pode sequer conceber, portanto, a ideia de uma redução do fenômeno humano a parâmetros físico-químicos; ao contrário, trata-se de perceber que as noções de acontecimento e de sua consequência (a evolução) são noções comuns a todas as ciências, naturais ou sociais, que se deparam com a questão das populações, ou seja, do ser e estar juntos. Assim, o que desponta é a perspectiva de uma articulação entre ciências distintas na medida em que estas se defrontam com problemas de natureza comum. (Bauer, 1999, p. 146)

Destarte, as sínteses multidisciplinares que entendem as redes constituídas pelas organizações como complexas e diversificadas, como a formulação da hipótese da dinâmica simbiótica, podem trazer uma nova perspectiva para os agentes que integram os sistemas socioeconômicos. Esta abordagem busca definir princípios dinâmicos de tais sistemas que podem ser extrapolados para o uso na criação de ferramentas práticas, capazes de serem generalizadas para uma ampla gama de situações. Embora princípios não sejam capazes de explicar o porque uma empresa teve êxito, Besanko, Dranove, Shanley e Schaefer (2012) argumentam que os agentes que baseiam suas decisões em princípios estão mais capacitados para lidar com uma ampla variedade de situações e, portanto, tendem a ser melhor sucedidos.

Contudo, a concepção da dinâmica simbiótica, acerca dos sistemas aos quais as organizações encontram-se submetidas, ainda se trata de uma explanação no campo das possibilidades puras e, portanto, carece de uma exploração empírica que permita identificar os atributos e características que tornam este sistema particular. Acima de tudo, é preciso compreender quais as variáveis e como estas atuam para manter esta dinâmica funcional por longos períodos de tempo, permitindo a sustentabilidade dos sistemas socioeconômicos.

Diante da realidade apresentada, uma perspectiva nova, sustentada em princípios defendidos por autores das ciências naturais e sociais, como a hipótese da dinâmica simbiótica, se mostra promissora para auxiliar os tomadores de decisão, por meio da compreensão dos princípios por trás de tais dinâmicas. Neste contexto, se justifica a realização de testes empíricos, capazes de validar e produzir um aprofundamento conceitual desta abordagem.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente introdução apresentou o objetivo desta pesquisa e o contexto no qual sua ideia central foi desenvolvida. A expectativa com tal item, era familiarizar o leitor com as percepções que levaram o autor a se interessar pelo o problema em questão e mostrar a importância que tal estudo teria para a área de gestão.

Além desta introdução, este trabalho é composto por mais sete seções.

A seção dois tem por objetivo esclarecer o leitor acerca dos princípios organizacionais dos sistemas complexos. Nela, são apresentados os princípios da auto-organização, a fundamentação matemática da dinâmica da complexidade e os princípios de funcionamento das máquinas vivas e do processo de simbiose no mundo natural. Este conteúdo é fundamental para o entendimento da hipótese da dinâmica simbiótica, tratada na quarta seção.

A seção três elucida qual é a definição que o autor adota para problema estratégico e o porque tal perspectiva é seguida em detrimento de outras. Também são introduzidos os conceitos e variáveis básicas que o envolvem, como as principais terminologias, as relações do problema com o pensamento econômico e sua noção ontológica, proposta pela complexidade. Desta maneira, a expectativa é que o leitor possa se familiarizar com o tipo de estrutura de pensamento e os termos específicos da área de gestão, adotados no decorrer deste trabalho.

O entendimento dos conceitos ilustrados nas duas primeiras seções teóricas, se faz fundamental para que o leitor possa compreender os princípios por trás da dinâmica simbiótica que são apresentados na seção quatro. Nela, foi introduzida a perspectiva da Dinâmica Simbiótica sobre o problema estratégico, a partir de uma construção conceitual *bottom-up*. Inicialmente, são apresentadas as características e variáveis que compelem os agentes à ação. Este comportamento é tratado por meio das abordagens *behaviorista* e cognitiva da psicologia e por meio da tratativa neoclássica da economia. Estas três foram, posteriormente, os pilares de sustentação para modelar o comportamento de escolha dos agentes no método de pesquisa proposto.

A seção quatro também trouxe à luz a abordagem sociotécnica das organizações e o tratamento que a hipótese da dinâmica simbiótica dá a respeito da dinâmica desta estrutura, inclusive quando esta é inserida em seu contexto ambiental. Nela, os agentes foram introduzidos em um contexto organizacional e socioeconômico e o impacto de suas relações com outros agentes e os sistemas formados por suas interações, são tratados em termos dinâmicos, a partir da abordagem da complexidade, adotada por Terra (2010) e Terra e Passador (2014).

As seções cinco e seis, se dedicam a apresentar ao leitor os princípios conceituais e a estrutura dos procedimentos de pesquisa adotados para elucidar o problema de pesquisa proposto. Na primeira, a abordagem da etologia sintética – método usado neste trabalho – é apresentada em conjunto com algumas estratégias chave para modelagem de sistemas multiagentes. Na segunda a construção do modelo computacional é detalhada, assim como o material e as estratégias usadas em seu desenvolvimento, e os procedimentos experimentais e de análise são definidos. O objetivo desta seção é familiarizar o leitor com o método de pesquisa proposto e viabilizar a replicação dos experimentos, motivo pelo qual o apêndice A também é disponibilizado com o algoritmo comentado, usado durante os procedimentos descritos.

A seção sete, apresenta os resultados encontrados no decorrer dos experimentos e permite ao leitor, entender as evidências utilizadas para comprovar a validade as premissas e proposições da Dinâmica Simbiótica. Ela também traz achados inesperados que são apresentados para inspirar trabalhos futuros e as primeiras considerações acerca do trabalho e sua relação com a teoria que posteriormente são tratadas com maiores detalhes na seção oito. Esta, por sua vez, encerra o texto, trazendo as principais contribuições deste esforço de pesquisa, as sugestões de trabalhos futuros e as observações do autor sobre a experiência com o método de pesquisa utilizado.

A figura 2 sintetiza estas seções em uma lista e orienta o leitor a respeito dos objetivos específicos que cada uma delas procura ajudar a elucidar. Com isso, espera-se que o leitor consiga relacionar cada ponto tratado na estrutura do trabalho, com os resultados apresentados em sua última seção.

Figura 2: Apresentação das seções e sua relação com os objetivos específicos do trabalho

Fonte: Elaborada pelo autor.

2 PRINCÍPIOS ORGANIZACIONAIS EM SISTEMAS COMPLEXOS

Conforme introduzido no capítulo anterior, o paradigma da complexidade é o alicerce epistemológico, metodológico e ontológico da hipótese da dinâmica simbiótica. Como esta proposição é a base do presente esforço de pesquisa, se faz necessário conhecer as bases filosóficas e pormenores conceituais por trás da mesma.

A origem do paradigma da complexidade remete ao desenvolvimento do pensamento processual, na década de 1930. Nesta época, o biólogo Ludwig Von Bertalanffy constatou que diferentes dinâmicas podem surgir, quando se analisa a dinâmica de sistemas ricamente interligados. O autor identificou que este fenômeno ocorre mesmo quando os componentes de diferentes sistemas são dotados das mesmas propriedades fundamentais (Bertalanffy, 2009; Capra, 2006; Casanova, 2006).

Neste contexto, a dinâmica de tais sistemas não pode ser entendida por meio do estudo de seus entes isolados. Para atingir uma compreensão ampla dos aspectos dinâmicos de um sistema é necessário abranger todo o movimento transformador e as relações que configuram este tipo de entidade (Bertalanffy, 2009; Capra, 2006; Casanova, 2006). Esta abordagem epistemológica ficou conhecida como “Teoria Geral dos Sistemas” (Bunge, 1987; Capra, 1983, 2006).

Essencialmente, pensamento sistêmico e se foca “[...] não em blocos de construção básicos, mas em princípios de organização básicos.” (Capra, 2006, p. 41) O conceito chave por trás desta nova abordagem é que os sistemas só podem ser entendidos como totalidades onde as partes se relacionam de tal maneira que uma redução das mesmas a unidades menores, provoca a perda de suas propriedades dinâmicas (Bunge, 1987; Capra, 1983, 2006).

“Quando os fenômenos do universo são vistos como interligados entre si, por transferência de energia e relações de causa e efeito, a imagem resultante é a de

cadeias de causalidade complexamente ramificadas e interconectadas.”⁶ (Bateson, 1967, p. 30) Nos sistemas complexos o número de interações e interferências é demasiadamente grande e estas relações é que definem o comportamento do sistema como um todo (Morin, 2007c). Em outras palavras:

Um sistema complexo é definido como uma unidade pelas relações entre seus componentes que torna real o sistema como um todo, e suas propriedades como uma unidade são determinadas pela forma como esta unidade é definida, e não por propriedades particulares dos seus componentes.⁷ (Varela, Maturana & Uribe, 1974, p. 188)

Um sistema complexo pode ter como componentes outros sistemas, cujas propriedades de acoplamento garantam sua capacidade de interagir com os demais elementos do sistema. Portanto, os sistemas complexos podem contemplar diversos subsistemas que possuem uma dinâmica com propriedades emergentes, referentes ao vínculo entre seus subsistemas, que por sua vez contêm as propriedades oriundas das conexões de seus respectivos subsistemas e assim sucessivamente. Esta propriedade possibilita que fenômenos de diversas áreas do conhecimento pertençam a diferentes níveis sistêmicos, onde os níveis mais complexos compreendem as propriedades de seus subsistemas, adicionadas de particularidades de suas próprias estruturas de acoplamento (Bauer, 1999; Bunge, 1987; Capra, 1983).

A figura 3 ilustra esta propriedade intrínseca dos sistemas, por meio da representação do conjunto de subsistemas estudados por cada área do conhecimento. Nela, os Fisiossistemas são aqueles que contemplam as interações no nível atômico, mecânico e elétrico que pertencem ao domínio da física. A partir das interações destes sistemas mais elementares, formam-se os Quimiossistemas que contemplam as interações em nível molecular, tratadas pelo domínio da química. Já os Biossistemas, representados pelos seres vivos, emergem a partir da interação de uma série de sistemas químicos e físicos, estudadas pelas ciências biológicas. Estes seres vivos, quando associados aos demais, configuram-se em

⁶ Do inglês: “When the phenomena of the universe are seen as linked together by cause-and-effect and energy transfer, the resulting picture is of complexly branching and interconnecting chains of causation.”

⁷ Do inglês: “A complex system is defined as a unity by the relations between its components which realize the system as a whole, and its properties as a unity are determined by the way this unity is defined, and not by particular properties of its components.”

Sociossistemas, estudados por uma ampla gama de domínios que vão desde a antropologia, até as ciências econômicas. Por fim, a integração de sistemas físicos, químicos, biológicos e sociais em um grande e complexo conjunto, forma o que é denominado de Ecosistema.

Figura 3: Propriedades compartilhadas entre os níveis sistêmicos

Adaptada de: Capra (1983), Bunge (1987) e Morin (2007c)

Esta variedade de possibilidades de configurações faz com que, mesmo quando os sistemas complexos são governados por padrões relativamente simples, ao se combinarem eles possam “[...] gerar uma variedade infinita”. (Pascale, 2002, p. 123) Diante de tal perspectiva a compreensão dos sistemas complexos só faz sentido se estes forem tratados a partir de sua totalidade (Ashby, 1970). Contudo, a complexidade não consiste na negação das partes, “se todas as coisas são causadas e causantes, ajudadas e ajudantes, mediatas e imediatas e mantidas por uma ligação material e insensível que as sujeitam, torna-se impossível conceber as partes sem conceber o todo e tampouco o todo sem conceber as partes.” (Morin, 2007b, p. 22)

Para lidar com tal problemática, Bertalanffy (2009) propõe que o estudo entre as interações dinâmicas dos fenômenos deve ser realizado em um ciclo que vá das partes ao todo e do todo às partes. Destarte, a complexidade, como conceito,

emerge no seio de sistemas ricamente interligados, onde o conhecimento precisa emergir a partir de uma perspectiva sistêmica que inclua uma reflexão teórica, experimental e empírica, em estágios que vão do plano dos fragmentos ao plano da totalidade. Só assim um estudo da área pode ser capaz de distinguir os níveis de escala e generalização ligados ao fenômeno (Bertalanffy, 2009; Casanova, 2006).

Deste modo, “a ciência da complexidade nos informa sobre a organização, estabilidade e mudança nos sistemas sociais e naturais.” (Pascale, 2002, p. 114) Ela envolve a emergência de comportamentos organizados, oriundos de uma extrema quantidade de interações e interferências entre um número muito grande de unidades que, quando combinadas, produzem relações das quais emergem incertezas, indeterminações e fenômenos aleatórios. “Mas a complexidade não se reduz à incerteza, é a incerteza no seio de sistemas ricamente organizados.” (Morin, 2007c, p. 35) Portanto, o desafio da complexidade consiste exatamente no problema da organização, uma organização que emerge em meio a incertezas e indeterminações.

2.1 A CIBERNÉTICA E OS PRINCÍPIOS DA AUTO-ORGANIZAÇÃO

A Cibernética é uma área do conhecimento cujo objetivo é permitir a construção de dispositivos de controle capazes de regular, por meio do processamento de informações e da comunicação, o comportamento de um sistema autogovernado (Capra, 2006; Pierce, 1980). Quando esta abordagem se complexifica, remete à concepção de governança em sistemas ricamente interligados e perturbados, como aqueles aos quais a estratégia é submetida (Terra, 2010).

Em essência, pode-se dizer que o problema básico da Cibernética consiste em construir máquinas que, com base em um conjunto de informações coletadas do

ambiente, sejam capazes de se ajustar para atingir um dado objetivo. Para tal, estas máquinas precisam ser capazes de determinar quais são as informações úteis e qual o método com o qual estas informações são processadas pelo sistema (Pierce, 1980).

O tipo de tratamento, adotado pelos autores da Cibernética, permitiu compreender os aspectos dinâmicos da natureza, por meio de uma concepção qualitativa do mundo. Através da adoção dos princípios listados no quadro 1, diversos autores propuseram teorias acerca de complexos fenômenos biológicos e sociais que eram difíceis de serem abordados por meio dos paradigmas reducionistas.

Quadro 1: Princípios da Cibernética

Sete Princípios da Cibernética

1. Retenção Seletiva: afirma que os sistemas com configurações mais estáveis tendem a ser retidos por serem mais difíceis de serem eliminados, enquanto as configurações mais instáveis são eliminadas com maior facilidade;
2. Crescimento Autocatalítico: afirma que sistemas com configurações estáveis apresentam maior facilidade de se reproduzirem e, portanto, tendem a ter maior crescimento populacional;
3. Transição Assimétrica: Afirma que a probabilidade de uma configuração menos estável evoluir para uma mais estável é maior do que a de uma configuração mais estável evoluir para uma menos estável;
4. Variação Cega: É uma hipótese, amparada pelo princípio lógico da navalha de Occam, que afirma que as variações que sustentam a evolução dos sistemas vivos são randômicas;
5. Variedade Seletiva: Afirma que quanto maior a quantidade de variações produzidas por um determinado sistema, maior a chance de uma destas variedades se perpetuar;
6. Construção Recursiva do Sistema: Afirma que um sistema precisa se utilizar de blocos de construção mais estáveis (normalmente menores) para construir novas combinações de sistemas estáveis;
7. Conhecimento Incompleto: Este princípio se baseia no princípio da incerteza de Heisenberg e pressupõe que um sistema de controle, por melhor que seja, sempre possui um conhecimento incompleto e, portanto, está sujeito a ser surpreendido por incertezas.

Adaptado de: Heylighen (1992)

Uma das principais contribuições da Cibernética para a compreensão dos sistemas cuja dinâmica é autogovernada, é a descrição do papel que os laços de *feedback* têm no processo de autorregulação. O *feedback* ou laço de realimentação, é uma ação contínua onde, “[...] uma causa inicial se propaga ao redor das articulações do laço, de modo que cada elemento tenha um efeito sobre o seguinte,

até que o último “realimenta” (*feedback*) o efeito sobre o primeiro elemento do ciclo” (Capra, 2006, p. 59) – ver figura 4 e quadro 2. “Quando existe esta circularidade de ação entre as partes de um sistema dinâmico, pode-se afirmar que há realimentação (*feedback*).” (Ashby, 1970, p. 63)

Figura 4: Modelo básico para os laços de realimentação (*feedback*)

Fonte: Bauer (1999, p. 47)

Quadro 2: Descrição dos componentes básicos de um sistema cibernético

Entrada ou *input*: é constituída por um ou mais destes três insumos: Matéria, energia e informação;

Informação: é tudo o que possibilita reduzir a incerteza a respeito de algo;

Saída ou *output*: é o resultado do funcionamento do sistema, devolvido ao meio ambiente. Pode ser composta por energia, matéria e/ou informação;

Ambiente: *input* e *output* correspondem às interações entre ambiente e o sistema; assim ambiente e sistema são interdependentes;

Processamento: é o mecanismo de conversão do *input* em *output*, descreve a ação do sistema. Este mecanismo nem sempre é conhecido;

Retroalimentação ou *feedback*: corresponde ao uso que o sistema faz, sob forma de *input*, do *output* ou de parcela do mesmo. É por meio do *feedback* que o sistema pode verificar se os resultados estão ou não em conformidade com o previsto.

Fonte: Bauer (1999, pp. 47-48)

Os sistemas compostos por laços de realimentação rompem com o preceito de causalidade linear, amplamente aceito pela ciência convencional. Isso porque, estes sistemas podem incorporar tanto sinais externos, como os resultados de sua própria saída. Portanto, este tipo de organização apresenta uma causalidade recursiva, onde as respostas são incorporadas como estímulos para novas interações (Bateson, 1967). Este tipo de recursividade é um componente

fundamental para a compreensão da ordem e das respostas de sistemas dinâmicos, ricamente interligados (Capra, 1983).

Na obra de Bertalanffy (2009), esta ideia foi usada para alicerçar os mecanismos de autorregulação responsáveis pela manutenção da estabilidade dinâmica em sistemas distantes do equilíbrio, como os seres vivos. Bateson (1967) ilustra as implicações desta recursividade, ao comparar a reação de uma bola de bilhar à de um cachorro, quando estes são chutados. Enquanto a resposta da bola de bilhar será dada de acordo com a terceira lei do movimento de Newton, o comportamento do cachorro será proporcional à energia que ele se prontificar a disponibilizar para tal. Portanto, a resposta do cachorro irá compreender todo um conjunto de respostas do próprio sistema, ou seja, será uma resposta autogovernada.

Diante de um determinado contexto, os laços de realimentação podem tanto anular os processos de transformação do sistema – *feedback* negativo –, como reforçar o comportamento de mudança de um determinado sistema – *feedback* positivo (Capra, 2006). A ação de um dispositivo regulador, atuando por meio de *feedback* negativo é a essência por trás da busca pelo equilíbrio em máquinas autogovernadas (Bauer, 1999; Bertalanffy, 2009; Capra, 2006; Pierce, 1980). Este conceito foi aplicado, dentre outros, por Stacey (1995) no âmbito da gestão. O autor propõe uma abordagem onde a correção de anomalias envolvendo o problema estratégico, precisa se dar por meio ações que envolvem *feedback* negativo, enquanto a inovação e o comportamento de mudança contínua são impulsionados por ações guiadas por meio de *feedback* positivo.

Entretanto, os *feedbacks*, por sua não linearidade e recursividade, podem amplificar determinados comportamentos de tal forma que podem tornar o sistema instável (Capra, 2006). Mesmo o *feedback* negativo, que normalmente é usado no sentido de regular o sistema dentro de um comportamento requerido, “[...] em alguns casos pode fazer o comportamento divergir significativamente da meta desejada.”⁸ (Pierce, 1980, p. 227) Deste modo, não basta que o sistema seja dotado de *feedback* para que ele seja capaz de sustentar sua dinâmica ou atingir um comportamento almejado, o processamento de dados em um sistema de tais

⁸ Do inglês: “[...] can sometimes be to make the behavior diverge widely from desired goal.”

características precisa levar em conta os efeitos do dispositivo regulador sobre a dinâmica do sistema, para que este não desencadeie alterações que impactem no sistema como um todo.

De acordo com Pierce (1980) esta problemática pode ser superada pela inserção de uma espécie de amortecimento no *feedback*, de tal forma que ele seja intenso quando necessário e mais leve quando o comportamento estiver próximo do valor esperado.

A ocorrência de *feedback* é a principal propriedade que leva um sistema a ter comportamentos não-lineares (Capra, 2006).

Matematicamente, um laço de realimentação corresponde a um tipo especial de processo não-linear conhecido como iteração (palavra que em latim significa “repetição”), na qual uma função opera repetidamente sobre si mesma. Por exemplo, se a função consiste em multiplicar a variável x por 3 – isto é, $f(x) = 3x$ – a iteração consiste em multiplicações repetidas. (Capra, 2006, p. 107)

Esses passos são chamados de mapeamentos e são representados por transições de estado do tipo $x \rightarrow y$ (Ashby, 1970; Capra, 2006). Deste modo, as interações regidas por uma função $F(x) = 3x - a$ poderiam ter suas transições representadas por $x \rightarrow f(x)$, onde $f(x) = 3x$, cujos resultados são encontradas no quadro 3.

Quadro 3: Mapeamento dos estados dados por transições de estado $x \rightarrow f(x)$ onde $f(x) = 3x$

$x \rightarrow 3x$ $3x \rightarrow 9x$ $9x \rightarrow 27x$ etc.

Fonte: Capra (2006, p. 108)

Além dos laços de *feedback* e suas implicações, a figura 4 também ilustra uma particularidade importante dos sistemas cibernéticos. Este tipo de entidade se trata de um sistema aberto com pelo menos uma entrada externa que pode ser uma fonte de energia, de material, organizacional ou informacional (Ashby, 1970; Morin, 2007c). Em uma máquina aberta:

o estado estável mantém-se à distância do verdadeiro equilíbrio e portanto é capaz de produzir trabalho, como se dá o caso dos sistemas vivos, por oposição aos sistemas em equilíbrio. O sistema permanece constante em sua composição, a despeito de contínuos processos irreversíveis, importação e exportação, construção e demolição, estarem em ação. (Bertalanffy, 2009, p. 186)

Esta abertura também torna possível “[...] acoplar duas ou mais máquinas inteiras de modo a formar uma máquina; e qualquer máquina pode ser encarada como constituída pelo acoplamento de suas partes, por sua vez concebíveis como pequenas submáquinas.” (Ashby, 1970, p. 57) Esta propriedade é muito importante para as concepções sistêmicas, pois é por meio dela que “[...] a mesma organização pode ser definida como diferentes sistemas, com diferentes tipos de componentes, desde que estes componentes tenham as propriedades que permitam as relações requeridas.”⁹ (Varela et al., 1974, p. 188)

Neste contexto, um acoplamento entre máquinas pode ser violento ou não violento. Os acoplamentos violentos não costumam ser um tipo desejado de relação, pois neles há uma agressão que altera o funcionamento interno de pelo menos uma das máquinas. Já nos acoplamentos não violentos são alteradas apenas as relações entre entradas e saídas das entidades envolvidas, de tal maneira que as estruturas acopladas mantêm sua integridade e sustentam sua dinâmica básica de funcionamento (Ashby, 1970).

O emaranhado de relações formado pelos acoplamentos entre máquinas distintas, são capazes de formar laços de realimentação, onde as relações de causa e efeito não podem ser claramente isoláveis (Ashby, 1970; Morin, 2007c). Este comportamento é uma propriedade comum às redes. Ele permite que as interações realizadas entre os agentes se propagem por todo o sistema e dá às redes a capacidade de regularem-se a si mesmas (Capra, 2006).

Na década de 1950 as implicações de tal propriedade ficaram evidentes nos estudos realizados com comutadores binários desenvolvidos por McCulloch e Pitts (1943). Estes simples dispositivos, quando conectados em rede, eram capazes de se auto-organizar de maneira espontânea, produzindo padrões de cintilação, mesmo quando as redes partiam de um estado inicial aleatório (Capra, 2006).

⁹ Do inglês: “[...] the same organization may be realized in different systems with different kinds of components as long as these components have the properties which realize the required relations.”

Fica evidente diante deste contexto que o estudo das relações entre máquinas, realizado pela cibernética, se mostra promissor no que tange à compreensão do problema da organização. Os laços criados pelo acoplamento entre máquinas ajudam a explicar os mecanismos de regulação que mantêm uma série de dispositivos complexos, dentre eles o seres vivos, em dinâmicas estáveis e distantes do equilíbrio termodinâmico (Bauer, 1999; Bertalanffy, 2009; Capra, 2006; Pierce, 1980).

Contudo, a abordagem inicial da auto-organização se confundiu, em muitos momentos, com a dinâmica da autorregulação. Em termos biológicos a autorregulação recebeu o nome de homeostase, fenômeno que difere daquele encontrado nas redes neurais ilustradas anteriormente, pois nele, a emergência de ordem se dá em torno de dispositivos reguladores (Bertalanffy, 2009). Ashby (1970) exemplificou o funcionamento da homeostase por meio de um aparelho denominado homeostato. Este dispositivo se trata de um acoplamento entre duas máquinas que realizam uma dinâmica de realimentação circular, onde as entradas de uma máquina são a saída da outra máquina e, vice-versa. (Ashby, 1970; Pierce, 1980).

O funcionamento do homeostato de Ashby (1970) pode ser visto por meio do aparelho ilustrado na figura 5, composto de dois dispositivos *A* e *B* acoplados, onde *A* possui quatro indicadores que representam as três cores primárias e *B* possui um relé programado com os estados desejados para a máquina *A*. Enquanto estiver recebendo energia a máquina *A* irá alterar o estado de seus indicadores a cada período de tempo *t* e informar para a máquina *B* os resultados destas alterações. Enquanto a máquina *A* estiver com uma combinação de cores diferente da programada em seus seletores, a máquina *B* deverá continuar fornecendo energia. Contudo, quando a máquina *A* apresentar a configuração programada na máquina *B*, esta irá interromper o fornecimento de energia da máquina *A* mantendo os indicadores nas cores programadas na máquina *B*. Mesmo que algo perturbe a máquina *A*, o laço circular de *feedback* que há entre elas fará com que a máquina *B* reconheça a alteração e volte a fornecer energia para que a máquina *A* altere suas configurações, até que o sistema como um todo retorne ao estado programado.

Desse modo, pode-se dizer que o homeostato de Ashby (1970) se utiliza dos laços de *feedback* para se manter operando dentro de limites de variação pré-

determinados, mesmo quando o mecanismo é pressionado para longe do equilíbrio (Bertalanffy, 2009). Para Glass e Mackey (1997, p. 22) estas características da autorregulação em sistemas homeostáticos “[...] pode associar-se à noção de estados estacionários em matemática”, enquanto, conforme lembra Skar (2003, p. 1054), “[...] a auto-organização parece se caracterizar pela criação quase espontânea de padrões globais ou semiglobais desenvolvidos a partir de interações locais entre componentes ou agentes, independentes e autônomos.”¹⁰

Figura 5: Funcionamento do homeostato

Adaptado de: Ashby (1970)

Pode-se dizer, então, que a homeostase se enquadra como um bom mecanismo para explicar a manutenção da estabilidade em determinados tipos de sistemas. Mas ela é insuficiente para esclarecer aquelas dinâmicas de auto-organização onde há a emergência de novos padrões de organização, que são inerentes a todos os tipos de seres vivos e organizações sociais (Capra, 2006; Skar, 2003).

Em um primeiro momento, a lógica deste tipo de fenômeno de auto-organização que vai além dos princípios da homeostase parece ir de encontro com o

¹⁰ Do inglês: “[...] self-organization seems to be characterized by the almost spontaneous creation of global or semi-global patterns developed from local interactions among independent and autonomous components or agents. Creation and patterns are two basic components of self-organization.”

segundo princípio da termodinâmica que indica que “[...] a tendência geral dos processos físicos segue o rumo da entropia crescente, isto é, estados de probabilidade crescente e ordem decrescente.” (Bertalanffy, 2009, p. 188). Entretanto, até hoje nenhuma observação contrária ao segundo princípio da termodinâmica foi identificada em um fenômeno natural (Gleiser, 2010).

Neste contexto, a abertura dos sistemas se torna um requisito fundamental para que estes possam se auto-organizar e evoluir no decorrer do tempo (Prigogine, 2002). Isso porque, um sistema auto-organizado, como os sistemas vivos, “[...] só preserva ou aumenta a ordem interna mediante uma contribuição para a desordem do mundo externo [...]” (Margulis & Sagan, 2002, p. 33) Para sustentar sua organização em estados distantes do equilíbrio termodinâmico, estes sistemas precisam de um fluxo contínuo de matéria e energia atravessando-os.

Desse modo, os sistemas auto-organizantes diferem dos sistemas fechados, descritos pela termodinâmica clássica, por serem capazes de importar ordem do meio, através de sua abertura. A dinâmica deste tipo de sistema é apta a se aproveitar do ruído introduzido pelo ambiente, para manter seus próprios padrões organizacionais, exportando sua entropia de volta para os sistemas de ordem maior. Esta capacidade de processar o ruído e exportar entropia, foi denominada de ordem pelo ruído (Bateson, 1967; Capra, 2006).

Para serem capazes de processar o ruído produzido pelo meio, sem que este destrua sua ordem interna, as máquinas auto-organizadas precisam cultivar uma ampla variedade de ações que as possibilitem absorver uma vasta possibilidade de perturbações. Esta capacidade, denominada de redundância, está intimamente ligada com a sobrevivência dos sistemas auto-organizados (Heylighen, 1992; Pascale, 2002).

[...] Desde que a sua redundância e a confiabilidade funcional inicial sejam grandes o suficiente para permitir um período observável de auto-organização, um sistema pode reagir a tensões ambientais aleatórias por meio de um aumento da complexidade e variedade, de modo que parece se adaptar mesmo a um novo ambiente.¹¹ (Atlan, 1974, p. 303)

¹¹ Do inglês: “[...] provided that its initial redundancy and functional reliability are large enough to allow for an observable period of self-organization, a system can react to random environmental stresses by an increase in complexity and variety, so that it appears to adapt itself to its-even new-environment.”

Contudo, há de se ressaltar que apesar da redundância ser capaz de manter um sistema auto-organizado funcional após uma perturbação, o ruído do meio pode levar o sistema a sofrer uma alteração em suas regras de funcionamento o que, em última instância, pode levar à emergência de novas dinâmicas organizacionais (Atlan, 2001). Destarte:

[...] há duas razões possíveis para os sistemas organizados não serem auto-organizantes: ou a sua redundância é muito pequena e fatores aleatório produzidos pelo ruído só podem destruí-los – mais rapidamente ou mais lentamente de acordo com a sua confiabilidade – ou, apesar da redundância inicial suficientemente grande, a sua confiabilidade não é alta o suficiente para permitir a auto-organização dos processos, para que este permaneça durando um período considerável de tempo.¹² (Atlan, 1974, p. 302)

Deste modo, as características apresentadas, permitem dizer que os sistemas auto-organizados carregam um conjunto de seis características fundamentais que podem ser vistas no quadro 4.

Quadro 4: Principais características dos sistemas auto-organizados

Principais características dos sistemas auto-organizados	
1.	Seus componentes estão interligados por uma rede de laços de <i>feedback</i> ;
2.	São máquinas abertas e fazem parte de seu ambiente;
3.	Podem apresentar aumento de seu nível de ordem;
4.	Apresentam um fluxo de energia que permite a eles se auto-organizar espontaneamente e manter uma estrutura em condições distantes do equilíbrio;
5.	Podem criar estruturas originais e novos modos de comportamento;
6.	Seus componentes são tão numerosos que não há nenhuma maneira de se estabelecer uma relação causal entre eles;

Adaptado de: Sardar e Abrams (1999, p. 77)

Para Maturana e Varela (1997), estas características possibilitam que este tipo de entidade seja visto como um sistema aberto, mas dotado de um fechamento operacional que lhe proporciona certo grau de intencionalidade. Conforme ressalta Capra (2006), esta intencionalidade é tão expressiva em determinados sistemas que, tendo a intenção e a capacidade de fazê-lo, alguns destes podem até mesmo

¹² Do inglês: “[...] there are two possible reasons for organized systems not to be self-organizing: either their redundancy is too small and random noise-producing factors can only destroy them-faster or slower according to their reliability-or, in spite of an initial redundancy large enough, their reliability is not high enough to allow for self-organizing processes to take place during an appreciable period of time.”

se desconectar de subsistemas que estão forçando rupturas danosas ao seu estado de estabilidade dinâmica.

Desse modo, um sistema auto-organizado pode ser visto como uma máquina aberta, que se fecha em sua estrutura, assim como os sistemas determinados. Isso confere autonomia e intencionalidade para este tipo de entidade, característica análoga àquela encontrada nos sociossistemas humanos. Tal perspectiva é compartilhada por Capra (2006) e Luhmann (1995) para os quais as estruturas em rede dos sociossistemas, permitem caracterizá-los como sistemas auto-organizados. Isso porque:

[...] uma comunidade que mantém uma rede ativa de comunicação aprenderá com os seus erros, pois as consequências de um erro se espalharão por toda a rede e retornarão para a fonte ao longo de laços de alimentação. Desse modo, a comunidade pode corrigir seus erros, regular a si mesma e organizar a si mesma. (Capra, 2006, p. 78)

Pode-se dizer então que a cibernética admite que as organizações sejam tratadas como entidades acopladas a uma série de outros sistemas, de certa forma, responsáveis por sua própria dinâmica. Isso possibilita que um grupo de entidades particulares, capazes de se auto-organizar, transcendam a morte termodinâmica ao importar do meio a ordem necessária para manutenção de sua própria organização. Neste contexto, as relações de causa e efeito se perdem em meio a uma série de interconexões que formam poderosos laços de realimentação o que rompe com os ideais de causalidade das ciências clássicas.

Apesar de complexificar a compreensão dos fenômenos, esta nova forma de perceber a realidade permite retirar o homem e as organizações de seu isolamento e fornece os subsídios para entender as complexas relações entre os indivíduos e o mundo que os cercam. Desse modo, os princípios da Cibernética se mostram promissores para tratar toda uma ampla gama de fenômenos, antes impossíveis ou muito difíceis de serem abordados.

2.2 A MATEMÁTICA DO CAOS E A DINÂMICA DA COMPLEXIDADE

Um dos principais problemas ao se tratar de sistemas ricamente interligados é aquele que se refere às descrições matemáticas para lidar com as dinâmicas não-lineares que emergem dos laços de *feedback*. Estas descrições precisam contemplar as múltiplas possibilidades de solução que este tipo de sistema apresenta, em toda a sua complexidade.

Mesmo os métodos estatísticos, adotados para descrever as intrincadas regularidades observadas nas interações da termodinâmica, apresentam dificuldades para lidar com tal problemática. Assim como as equações newtonianas para o movimento, estas abordagens se estruturam no pressuposto de que os sistemas podem ser claramente isoláveis, o que leva a uma descrição linear dos fenômenos abordados (Capra, 1983).

Conforme identificado nos estudos acerca da Cibernética, os sistemas abertos, compostos de laços de *feedback*, exigem uma descrição matemática diferente daquela baseada em pressupostos deterministas de causa e efeito. Elas carecem de uma descrição matemática própria, capaz de oferecer descrições robustas para os sistemas não-lineares (Capra, 2006).

Este novo corpo matemático só veio a se desenvolver na década de 1970, com o progresso da nova matemática do Caos. Os princípios desta nova perspectiva surgiram com os trabalhos do meteorologista Edward Norton Lorenz. Ao testar um modelo climático composto por três equações não-lineares acopladas, Lorenz percebeu que seus modelos tinham resultados extremamente sensíveis às condições iniciais. Esta sensibilidade fazia com que, mesmo o menor dos arredondamentos, levasse os resultados a divergirem de maneira significativa ao longo do tempo. Esta característica ficou conhecida como “Efeito Borboleta” (Capra, 2006; Gleick, 1988; Matthews, 2008; Sardar & Abrams, 1999).

Os sistemas com tal comportamento receberam o nome de sistemas caóticos (Capra, 2006; Gleick, 1988; Prigogine, 2002; Sardar & Abrams, 1999). Em um sistema caótico os “erros e incertezas se multiplicam, evoluindo em cascata através

de uma cadeia de feições turbulentas [...]”.¹³ (Gleick, 1988, p. 20) Esta conduta leva duas trajetórias, inicialmente próximas, a terem um aumento exponencial de suas distâncias no decorrer do tempo. Pode-se dizer então que “[...] os sistemas caóticos são caracterizados por uma extrema sensibilidade às condições iniciais.” (Capra, 2006, p. 115)

Esta nova linha da matemática estabeleceu em suas descrições que a dinâmica de um sistema se origina a partir daquilo que foi denominado de atrator. “Um atrator é um conjunto de pontos S tal que, para quase qualquer ponto na vizinhança de S , a dinâmica aproxima-se de S à medida que t se aproxima do infinito.” (Glass & Mackey, 1997, p. 64) Portanto, um atrator pode ser descrito como um ponto fixo no sistema de coordenadas, que atrai a trajetória de evolução do sistema conforme o tempo passa.

“[...] Há um número muito limitado de atratores diferentes. Suas formas podem ser classificadas topologicamente, e as propriedades dinâmicas gerais de um sistema podem ser deduzidas da forma de seu atrator.” (Capra, 2006, p. 114) Basicamente a dinâmica dos mais variados tipos de sistemas pode ser descrita em termos de três atratores que são mostrados no quadro 5.

Quadro 5: Descrição dos três tipos de atratores

Atratores
<p>Puntiformes: definem a dinâmica dos sistemas que orbitam um ponto no espaço de coordenadas, formando uma trajetória espiral em direção a este ponto;</p> <p>Periódicos: definem a dinâmica dos sistemas que orbitam um ponto no espaço de coordenadas, formando uma trajetória cujo contorno se dá por meio de um laço fechado onde existem oscilações periódicas;</p> <p>Estranhos: definem a dinâmica dos sistemas que orbitam um ponto no espaço de coordenadas em uma trajetória que forma um padrão complexo, não aleatório que nunca se repete mas, por vezes, pode quase se repetir.</p>

Adaptado de: Capra (2006), Glass e Mackey (1997), Gleick (1988) e Sardar e Abrams (1999)

“Todas as trajetórias que começam dentro de uma certa região do espaço de fase levarão, mais cedo ou mais tarde, ao mesmo atrator. Essa região é denominada

¹³ Do inglês: “Errors and uncertainties multiply, cascading upward through a chain of turbulent features [...]”.

‘bacia de atração’ desse atrator.” O espaço é separado em diversas bacias de atração, cujas características são regidas por seus próprios atratores (Capra, 2006, p. 117). Os atratores periódicos e puntiformes ajudam a descrever as dinâmicas dos sistemas com comportamento estável ou que caminham para a estabilidade. Já os atratores estranhos são comumente atribuídos às dinâmicas dos sistemas caóticos e, assim, estes podem produzir trajetórias com elevada sensibilidade às condições iniciais (Capra, 2006; Glass & Mackey, 1997; Gleick, 1988; Sardar & Abrams, 1999).

Desse modo, vemos que o comportamento caótico, no novo sentido científico do termo, é muito diferente do movimento aleatório, errático. Com a ajuda de atratores estranhos, pode-se fazer uma distinção entre a mera aleatoriedade, ou “ruído”, e o caos. O comportamento caótico é determinista e padronizado, e os atratores estranhos nos permitem transformar os dados aparentemente aleatórios em formas visíveis distintas. (Capra, 2006, p. 115)

Esta pode ser entendida como uma abordagem determinista do caos, onde a análise de um sistema dinâmico precisa ser feita de maneira qualitativa, por meio da identificação e da classificação de seus atratores e de suas respectivas bacias de atração. O quadro geral que resulta deste tipo de análise é denominado de “retrato de fase” (Capra, 2006). Contudo, mesmo diante deste pressuposto determinista que permite extrapolar o retrato de fase dos atratores que regem a dinâmica de um sistema caótico, pode ser difícil determinar o comportamento futuro de tais sistemas. Isso porque:

até mesmo os computadores mais poderosos arredondam os seus cálculos após um certo número de casas decimais, e, depois de um certo número de iterações, até mesmo os mais diminutos erros arredondados terão se acumulado a ponto de produzirem uma incerteza suficiente para tornar impossíveis as previsões. (Capra, 2006, p. 109)

Desse modo, nesta imagem determinista do caos, “[...] a irreversibilidade [deve]-se às nossas aproximações e à nossa ignorância.” (Prigogine, 2002, p. 29) Neste contexto, a previsão de trajetórias deve se dar, invariavelmente, por meio de uma probabilidade que diminui gradualmente com o decorrer do tempo. A taxa com a qual esta probabilidade decai pode ser entendida como a “força do caos”. “A forma mais comum de medir [esta] força do caos é calcular a escala de tempo de Lyapunov, que captura a taxa pela qual os erros crescem ao longo do tempo.” (Matthews, 2008, p. 124; Prigogine, 2002).

Apesar de poderosa, a abordagem determinista do caos não é suficiente para descrever fenômenos como a auto-organização e o caráter criativo da natureza. Esta lacuna permaneceu em aberto até que o químico belga Ilya Prigogine, propôs a ideia daquilo que denominou de estruturas dissipativas (Prigogine, 1996, 2002; Sardar & Abrams, 1999). “[...] As estruturas dissipativas não só se mantêm num estado estável afastado do equilíbrio como podem até mesmo evoluir.” (Capra, 2006, pp. 82-83).

Diferente dos sistemas fechados, onde a entropia “[...] aumenta de maneira monótona ao longo do tempo, até seu valor máximo correspondente ao equilíbrio termodinâmico”, nos sistemas dissipativos há uma transferência de entropia nas fronteiras do sistema que pode conduzir o mesmo a novos níveis de ordem (Prigogine, 1996, p. 63). Estes sistemas se nutrem de entropia negativa – negentropia – para compensar o aumento de sua própria entropia. Dessa forma eles conseguem se manter em dinâmicas estáveis, distantes do equilíbrio termodinâmico.

O exemplo mais simples de estrutura dissipativa que podemos evocar por analogia é a cidade. Uma cidade é diferente do campo que a rodeia; as raízes dessa individualização estão nas relações que ela mantém com o campo adjacente: se estas fossem suprimidas a cidade desapareceria. (Prigogine, 2002, pp. 21-22)

Com base neste exemplo, pode-se dizer que os sistemas dissipativos dependem de um fluxo contínuo de correlações que podem produzir propriedades emergentes. Estas correlações passam pelo sistema por meio de seus componentes, de tal forma que uma parte sempre irá transferir para a seguinte, parcelas de suas interações passadas. Neste contexto, as interações agem como uma espécie de memória do passado que enfraquece no decorrer do tempo. “Pode-se até considerar que seja este o modo de envelhecer do sistema.” (Prigogine, 2002, p. 69)

Se tomarmos como objeto de comparação a sociedade humana e confrontarmos a sociedade da era neolítica com a atual, não é tanto o fato de que os homens tomados individualmente sejam diferentes, mais ou menos inteligentes: são antes as relações entre os indivíduos que sofrem uma mudança radical. Sem dúvida, também a nossa sociedade envelhece, mas mais rapidamente que a sociedade neolítica, porque os meios de comunicação se ampliaram e, portanto, a dinâmica das correlações sociais sofreu uma enorme aceleração. (Prigogine, 2002, p. 70)

Nas estruturas dissipativas, estas redes de relações que possibilitam a manutenção de sua ordem, também são responsáveis por formar múltiplos laços de realimentação que conduzem tal tipo de sistema a uma dinâmica que só pode ser descrita por meio de equações não-lineares. Como é sabido, as equações não lineares, muitas vezes, apresentam múltiplas soluções. Destarte, haverá momentos onde a não-linearidade deste tipo de sistema os obrigará a “escolher” entre duas ou mais trajetórias possíveis (Prigogine, 1996, 2002). Prigogine (1996, 2002) denominou estes momentos de pontos de bifurcação.

Nestas condições:

Atratores podem desaparecer ou converter-se uns nos outros, ou novos atratores podem aparecer subitamente. Diz-se que esses sistemas são estruturalmente instáveis, e os pontos críticos de instabilidade são denominados “pontos de bifurcação”, pois são pontos na evolução do sistema, nos quais aparece subitamente um forqueamento, e o sistema se ramifica em uma nova direção. (Capra, 2006, p. 117)

Portanto, esta propriedade inclui um elemento probabilístico que representa cada uma das possibilidades que o sistema pode seguir, diante de um destes entroncamentos (Prigogine, 1996, 2002). Pode-se dizer, então, que:

Matematicamente, um ponto de bifurcação representa uma dramática mudança da trajetória do sistema no espaço de fase. Um novo atrator pode aparecer subitamente, de modo que o comportamento do sistema como um todo “se bifurca”, ou se ramifica, numa nova direção. (Capra, 2006, p. 143)

O gráfico 1 mostra o que ocorre a um dado sistema dissipativo, ao passar por esta condição. Nele o sistema atinge um ponto de bifurcação no momento λ_c . Contudo, “[...] os sistemas não são estruturalmente estáveis nos pontos de bifurcação.” (Glass & Mackey, 1997, p. 44) Se as flutuações forem suprimidas do sistema, este permanecerá indefinidamente nesta condição de instabilidade. Entretanto, se ele for submetido a qualquer tipo de perturbação, mesmo que sutil, ele “escolherá” uma das possíveis trajetórias que o levarão a um novo patamar de estabilidade (Prigogine, 1996, 2002).

Estas rupturas, ocorridas nos pontos de bifurcação, culminam com novas formas de ordem que só podem ser vistas nos sistemas abertos, afastados do equilíbrio termodinâmico (Prigogine, 1996). Desta propriedade emerge a possibilidade dos sistemas de se auto-organizar e de adquirirem novas

caraterísticas, quando pressionados pelo meio externo (Prigogine, 1996, 2002; Skar, 2003). Em síntese, pode-se dizer que os pontos de bifurcação são responsáveis por dar ao sistema novas características dinâmicas, assim como ocorre nos sistemas vivos.

Gráfico 1: Escolha das trajetórias em um ponto de bifurcação

Fonte: Prigogine (1996, p. 72)

Os pontos de bifurcação são os principais responsáveis pelo indeterminismo dos sistemas caóticos. Qualquer descrição acerca das trajetórias futuras de um sistema dissipativo só pode ser feita em termos de suas probabilidades de evolução, o que torna fundamental a existência de uma seta comum do tempo que gera uma assimetria de informação entre passado e futuro (Prigogine, 2002). Portanto, “as bifurcações são uma fonte de quebra de simetria.” (Prigogine, 1996, p. 73)

“Em geral, temos uma sucessão de bifurcações [...]. Este esquema faz coexistirem zonas deterministas (entre as bifurcações) e pontos de comportamento probabilista (os pontos de bifurcação).” (Prigogine, 1996, p. 73). Esta situação remete a uma dinâmica onde “no ponto de bifurcação, a predição tem caráter probabilístico, ao passo que entre pontos de bifurcação podemos falar de leis deterministas.” (Prigogine, 2002, p. 28)

Enquanto as mudanças de uma determinada forma de organização ocorrem dentro dos bolsões de estabilidade, pode-se dizer que é possível atribuir uma identidade única a esta organização que garante à sua progressão um caráter de ontogenia. Nos pontos de bifurcação o sistema pode evoluir para novos patamares qualitativos que permitem à estrutura emergente ser reconhecida como uma entidade completamente nova, associada a um novo conjunto de trajetórias. No

contexto da evolução, é impossível avaliar uma unidade com base na sua progressão histórica. O desenvolvimento histórico é uma característica inerente à ontogenia. Neste sentido é a ontogenia que confere às sociedades o seu caráter histórico (Maturana & Varela, 1997).

O gráfico 2 ilustra esta dinâmica. Nele é possível determinar por quais rupturas um sistema passou, tomando por base a trajetória atual do mesmo. Se o sistema encontra-se em $d1$, então é possível dizer que passou por $b1$ e $c1$. Entretanto, não é possível saber com precisão qual caminho o sistema tomará em um ponto de bifurcação, tampouco explicar a progressão da trajetória $d1$ por meio do histórico da trajetória $c1$ (Prigogine, 1996).

Gráfico 2: Bifurcações sucessivas em um sistema de não-equilíbrio

Fonte: Prigogine (1996, p. 73)

Contudo, cabe ressaltar que mesmo com a possibilidade de se conhecer precisamente uma determinada trajetória história referente à dinâmica de um bolsão de estabilidade, é preciso considerar que este conhecimento é limitado pela diminuição da força das correlações que carregam as informações sobre as trajetórias seguidas pelo sistema. Este processo torna impossível conhecer todo o passado, a partir do estado presente de uma estrutura. Destarte, mesmo diante do caráter ontogênico do sistema, o conhecimento do passado também deve ser tido como limitado, já que o enfraquecimento das correlações ocorridas no sistema implica em uma perda gradual de sua memória (Prigogine, 1996).

As dificuldades preditivas também são válidas para as tentativas de se determinar o futuro dos bolsões deterministas, pois as estruturas dissipativas também estão sujeitas à problemática da sensibilidade às condições iniciais. Desse modo, qualquer aproximação torna impossível fazer previsões em longo prazo neste tipo de sistema, mesmo entre os pontos de bifurcação. Esta conjugação entre pontos de bifurcação e sensibilidade às condições iniciais torna as estruturas dissipativas altamente imprevisíveis. (Capra, 2006).

Desse modo, “a introdução do caos obriga-nos a generalizar a noção de lei da natureza e nela introduzir os conceitos de probabilidade e de irreversibilidade.” (Prigogine, 2002, p. 11) Mas, cabe ressaltar que o indeterminismo do caos “[...] não deve ser confundido com ausência de previsibilidade, que tornaria ilusória toda ação humana. É de limite à previsibilidade que se trata.” (Prigogine, 1996, p. 115)

Sob esta ótica:

[...] é do caos que surgem ao mesmo tempo ordem e desordem. Se a descrição fundamental se fizesse com leis dinâmicas estáveis, não teríamos entropia, mas tampouco coerência devida ao não-equilíbrio, nem nenhuma possibilidade de falarmos de estruturas biológicas e, portanto, um universo de que o homem estaria excluído. (Prigogine, 2002, p. 80)

Apesar de aparentemente contraditórias, trabalhos como os de Vilar e Rubí (2001) e Reguera, Rubí e Vilar (2005) têm procurado relacionar as observações do caos com aquelas previstas pelo segundo princípio da termodinâmica. Os autores concordam com a abordagem de Prigogine (1996, 2002) de que o universo é regido por bolsões de ordem e desordem. Mas seus trabalhos identificaram que, quando avaliado de maneira global, a tendência geral do universo é caminhar rumo à máxima entropia.

Os trabalhos dos autores mostraram que a ordem explicada pelo caos, se desenvolve em bolsões que concentram negentropia, em um universo que caminha invariavelmente para a degeneração. Portanto, a existência dos sistemas dissipativos leva a uma situação onde a degeneração não é uma constante em todo universo, mas sim uma degeneração desafiada pela captura de negentropia do meio externo. Contudo, mesmo com a constante emergência de novas formas de ordem, o caminho natural para qualquer sistema, inclusive o universo, é o da desordem e do equilíbrio termodinâmico (Reguera et al., 2005; Vilar & Rubí, 2001).

Neste contexto, as formas de ordem descritas pelo caos não são contrárias ao segundo princípio da termodinâmica, mas se aproveitam de sua abertura para concentrar negentropia em pequenos bolsões onde imperam as regras do caos. Contudo, por melhor que forem as capacidades de auto-organização de um sistema, é preciso reconhecer que qualquer estrutura caminha invariavelmente para a morte, já que a capacidade do meio de fornecer negentropia para os sistemas é limitada pela própria degradação do mesmo.

Tomando-se por base as analogias feitas por Prigogine (2002), pode-se dizer que os sociossistemas apresentam características que lhes permitem ser entendidos como sistemas dissipativos. Isso permite afirmar que os mesmos estariam sujeitos a esta dinâmica permeada de pontos de bifurcação, onde pequenas flutuações poderiam levar suas trajetórias históricas a patamares qualitativos irreversíveis, em um universo onde a morte termodinâmica é uma certeza para toda e qualquer estrutura dissipativa.

Neste contexto, os sociossistemas existem em uma realidade onde “a complexidade emergente não cria um futuro, mas muitos.” (Pascale, 2002, p. 124) “A história humana sempre nos mostrou bifurcações históricas, principalmente em épocas de guerra, fenômeno que se tornou muito frequente na história da humanidade.” (Morin, 2007b, p. 96) Com base nesta percepção, Morin (2007b, p. 37) defende que “como o futuro é absolutamente incerto, é preciso pensar com e na incerteza, mas não a incerteza absoluta, porque sempre navegamos num oceano de incerteza por meio de arquipélagos de certezas locais.”

2.3 MÁQUINAS PRODUZIDAS PELO HOMEM E MÁQUINAS VIVAS

Nos capítulos anteriores foram tratadas muitas das propriedades emergentes em uma série de estruturas. Conceitos como a Homeostase e a auto-organização

são capazes explicar tanto as complexas máquinas autogovernadas, construídas pelo homem, como os sofisticados mecanismos de auto-organização e autorregulação, normalmente associados à vida.

Conforme visto anteriormente, tanto as máquinas vivas como aquelas produzidas pelo homem possuem fronteiras que as definem. Contudo, as máquinas produzidas pelo homem não participam de sua própria criação. Estas estruturas, denominadas por Maturana e Varela (1997) de sistemas alopoiéticos, “[...] são, por sua constituição, não autônomos na medida em que sua realização e permanência como unidades não estão relacionadas com o seu funcionamento.”¹⁴ (Varela et al., 1974, p. 189) Mesmo diante de uma configuração que permita a auto-organização, este tipo de entidade não consegue se ver livre de interferências externas, pois não pode se criar ou reparar a si mesma (Morin, 2007c).

Contudo os organismos vivos possuem particularidades que os distinguem das máquinas finalistas. Eles realizam uma troca continua de componentes, se autorregulam e se consomem ao mesmo tempo em que conservam sua própria identidade (Bertalanffy, 2009). “Ilhas de ordem num oceano de caos, os organismos são muito superiores às máquinas construídas pelo homem. Ao contrário da máquina a vapor de James Watt, por exemplo, o corpo concentra a ordem. Ele se refaz continuamente.” (Margulis & Sagan, 2002, p. 31)

Este tipo de estrutura apresenta a notável capacidade funcional de ter um conjunto mais robusto e confiável do que os frágeis componentes que a constituem. Isso porque ela é capaz de se renovar e reparar constantemente, para sustentar sua própria identidade. Portanto, a máquina viva é dotada de uma autonomia construtiva que lhe proporciona elevada estabilidade dinâmica, mesmo diante de falhas em seus componentes. Este comportamento difere de maneira significativa daquele encontrado nas máquinas produzidas pelo homem que precisam de intervenções externas para serem construídas e reparadas, o que leva sua confiabilidade a ser sempre menor do que a confiabilidade de suas peças, tomadas individualmente. (Morin, 2007c).

¹⁴ Do inglês: “[...] are by constitution non-autonomous insofar as their realization and permanence as unities is not related to their operation.”

Fica evidente neste contexto que a vida precisa de uma descrição própria que possa contemplar estas características de autocriação e manutenção da identidade, encontradas neste tipo de estrutura. Neste contexto, Maturana e Varela (1997), propuseram que os sistemas vivos são caracterizados por uma autonomia e identidade que os distinguem do meio. Eles são capazes de se auto-organizar para garantir sua integridade, mesmo quando perturbados pelo ambiente externo.

Conforme ressalta Morin (2007c), este tipo de estrutura só é possível enquanto sistema aberto. Mas esta dinâmica própria da vida, corresponde a uma clausura operacional, ao passo que sua finalidade é a criação e a manutenção de sua própria integridade estrutural. Portanto, um sistema vivo é fechado em si mesmo e é tal característica que garante sua unidade (Varela, 1979). Deste modo, pode-se dizer que os sistemas vivos possuem uma dinâmica particular, na qual são ao mesmo tempo abertos para o meio e fechados em sua própria organização.

Os sistemas que se comportam dentro destes princípios foram denominados por Maturana e Varela (1997) de autopoieticos. Pode-se dizer que uma estrutura autopoietica pode ser vista como um tipo particular de sistema dissipativo onde, “de acordo com a segunda lei da termodinâmica, a auto-sustentação autopoietica só preserva ou aumenta a ordem interna mediante uma contribuição para a desordem do mundo externo [...]” (Margulis & Sagan, 2002, p. 33)

Contudo, há de se ressaltar que um sistema autopoietico não possui entradas ou saídas no mesmo sentido que ocorre em uma máquina cibernética. Sua finalidade é a manutenção de si mesmo e as perturbações do meio fazem com que o sistema precise responder para manter sua identidade, produzindo resíduos. Neste contexto, os resíduos são análogos às saídas, enquanto as perturbações o são com relação às entradas (Maturana & Varela, 1997).

Destarte, pode-se dizer que o produto final de uma máquina autopoietica não se refere às suas saídas, como nas máquinas alopoeiticas, e sim a sua própria organização. Ou seja, as trocas realizadas por uma estrutura autopoietica podem ser entendidas como as perturbações e os resíduos que a máquina gera enquanto tenta garantir sua própria identidade e integridade estrutural (Maturana & Varela, 1997).

Dado o determinismo estrutural, uma vez que o sistema surge, seu acontecer consiste necessariamente numa história de interações recorrentes com os elementos de um meio que surge com ele e o contém.

Além disso, tal história de interações recorrentes entre o sistema e o meio transcorre necessariamente como uma derivação estrutural. Isto é, tanto a estrutura do sistema como a estrutura do meio mudam necessariamente e de maneira espontânea de um modo congruente e complementar enquanto o sistema conserva sua organização e coerência operacional com o meio que lhe permite conservar sua organização. (Maturana & Varela, 1997, pp. 29-30)

Neste contexto, “[...] os seres vivos são entes históricos participes de um presente histórico em contínua transformação.” Assim, não se deve “[...] tentar usar o presente (resultado da história) como argumento causal para explicar sua origem.” (Maturana & Varela, 1997, p. 31)

Visando entender melhor a dinâmica dos sistemas autopoieticos Humberto R. Maturana propôs um experimento virtual representado no quadro 6. O autor sugeriu que fosse simulada uma reação onde uma substância catalisadora *A* seria capaz de formar uma substância *M* a partir da fusão de duas unidades de uma substância *B*. *M* poderia decair novamente em *2B* e teria a capacidade de se unir a outro *M* formando uma membrana flexível e permeável a *B* (Maturana & Varela, 1997).

Quadro 6: Reação sugerida por Humberto R. Maturana para simular um sistema autopoietico

Reação autopoietica sugerida por Humberto R. Maturana	
Sejam as partículas A, B e M e seja seu operar o seguinte:	
1.	$2B + A \rightarrow M + A$
2.	$M + M \rightarrow MM$
	$MM + M \rightarrow MMM$
3.	$M \rightarrow 2B$
4.	MMMMMMM é permeável à passagem de B
5.	A corrente de MS é flexível e móvel, e pode fechar-se sobre si mesma.

Fonte: Maturana e Varela (1997, p. 22)

Ao realizar a simulação proposta por Maturana, Varela et al. (1974) constataram que esta reação era capaz de formar, espontaneamente, sistemas alopoiéticos, compostos por linhas do composto *M*, e sistemas autopoieticos que se estabeleciam quando era formado um invólucro de *Ms* em torno do catalisador *A* – ver figura 6. Nas entidades autopoieticas que emergiram, o sistema foi capaz de compensar os danos causados pela desintegração dos elementos *M* do invólucro, utilizando novas unidades de *M* para preencher as lacunas formadas. Deste modo, estas estruturas simuladas foram capazes de manter sua identidade a partir de um

comportamento autorreferente, onde o catalisador *A*, atuou como um atrator para a dinâmica do sistema (Varela et al., 1974).

Pode-se dizer que Varela et al. (1974) conseguiram criar uma rede autopoietica simulada, por meio de regras extremamente simples. Os autores ainda demonstraram que se a taxa de desintegração dos componentes deste tipo de entidade for maior do que ritmo com o qual ela é capaz de se reparar, então a estrutura desta rede de interações autopoieticas se desfaz. Deste modo os sistemas autopoieticos possuem um limite possível de compensações, que tem relação com suas dimensões e sua taxa de regeneração. Em uma rede autopoietica, “[...] qualquer interferência física em seu funcionamento, fora de seu campo de compensações dará por resultado sua desintegração.” (Maturana & Varela, 1997, p. 74) Isso “faz da desintegração um limitador muito poderoso do tamanho máximo para uma estrutura de contorno viável.”¹⁵ (Varela et al., 1974, p. 194)

Figura 6: Unidade autopoietica oriunda das reações sugeridas por Maturana.

Fonte: Maturana e Varela (1997, p. 23)

Por se tratarem de sistemas abertos, os sistemas vivos são percorridos por um fluxo contínuo de energia, o que os colocam em uma situação de ameaça incessante (Piaget, 1996). Sem o comportamento autopoietico a dinâmica da vida não se sustenta (Margulis & Sagan, 2002, p. 31), isso faz da existência de campo de

¹⁵ Do inglês: “makes the disintegration a very powerful controller of the maximum size for a viable boundary structure.”

compensações ajustado às perturbações do ambiente um fator crucial para evitar que o sistema atinja o equilíbrio termodinâmico que em última instância significa a morte da estrutura. Contudo, é preciso ressaltar que mesmo que uma estrutura autopoietica tenha um campo de compensação significativo, “toda organização, como todo fenômeno físico, organizacional e, claro, vivo, tende a se degradar e a degenerar.” (Morin, 2007c, p. 89)

Conforme visto anteriormente, as particularidades dinâmicas dos subsistemas podem ser extrapoladas para os sistemas de ordem maior. Com a dinâmica autopoietica não é diferente, ela ultrapassa o nível dos seres vivos. A autopoiese pode explicar as complexas dinâmicas ligadas à autonomia dos seres vivos, como a cognição humana (Maturana & Varela, 1988), e também comportamentos autorreferentes encontrados em uma série de sistemas dos quais a vida faz parte, dentre eles os ecossistemas (Lovelock, 2001; Margulis, 1998) e os sociossistemas (Luhmann, 1995).

Um dos principais trabalhos neste sentido se deve a teoria de Santiago, formulada por Maturana e Varela (1988). Os autores perceberam que a mente humana apresenta um comportamento autorreferente, que se cria conforme as interações históricas entre ela e o meio que a cerca. A teoria de Santiago talvez seja uma das mais notáveis contribuições da autopoiese, já que nela, o cérebro não é um requisito para que a mente ocorra. A dinâmica proposta pelos autores permite que qualquer estrutura dissipativa em rede forme este complexo processo. Neste contexto, “[...] a mente se manifesta não apenas em organismos individuais, mas também em sistemas sociais e em ecossistemas.” (Capra, 2006, p. 144)

Contudo, é importante ressaltar que definir qualquer ente autopoietico como uma máquina viva pode assumir um caráter perigoso, já que os sistemas de ordem maior carregam as particularidades de seus subsistemas, mas também propriedades inerentes à sua própria natureza (Maturana & Varela, 1988, 1997). Deste modo, limitar o entendimento de um sistema de ordem maior, ao entendimento de um sistema de ordem menor, pode ocultar características importantes de sua dinâmica (Maturana & Varela, 1997).

Visando lidar com tal problemática, Maturana e Varela (1988, 1997) sugerem que os sistemas autopoieticos devem ser subdivididos em níveis, capazes de

distinguir a vida em sua essência, daqueles sistemas que são compostos por ela. Para os autores a vida é um sistema autopoietico compreendido no domínio molecular. Aquelas entidades autopoieticas fora do domínio molecular, podem apresentar uma dinâmica autopoietica em ordem superior, mas não podem ser consideradas vivas em sua essência.

Deste modo, as células seriam os sistemas autopoieticos de primeira ordem que poderiam ser entendidos como vivos. Sistemas como os organismos são entidades autopoieticas de segunda ordem, uma vez que são agregados de células. Estes já não poderiam ser tratados como vida e sim como um agregado de sistemas vivos. Já as culturas, sociedades e organizações humanas, podem ser vistas como sistemas autopoieticos de terceira ordem, uma vez que agregam um conjunto de sistemas autopoieticos de segunda ordem e assim por diante (Maturana & Varela, 1997).

Para evitar a confusão que se faz ao comparar sistemas vivos com os sistemas dele derivados, Varela (1979) sugere que, ao invés de extrapolar o termo autopoiese para sistemas de ordem superior, estes sejam entendidos por meio da “clausura operacional”¹⁶. O autor argumenta que o termo autopoiese deve ficar restrito ao uso dos entes autopoieticos de primeira ordem, ou seja, aos sistemas vivos.

A clausura operacional é o principal atributo da dinâmica que caracteriza as máquinas autopoieticas. Contudo, esta é apenas um dos atributos deste tipo de dinâmica, pois especifica apenas o fechamento operacional de um sistema aberto e não os processos de autoprodução, contemplados pela autopoiese (Maturana & Varela, 1997). Deste modo, a abordagem de Maturana e Varela (1988, 1997) parece mais adequada para lidar com a problemática da distinção da vida, sem que se percam importantes aspectos dinâmicos das estruturas autopoieticas de ordem maior.

¹⁶ Do inglês: “operational closure”

2.4 SIMBIOGÊNESE: OS ACOPLAMENTOS DOS SISTEMAS VIVOS

Apesar de sua clausura operacional, os sistemas vivos são capazes de usufruir de sua abertura para se acoplar a outros sistemas vivos, tanto por acoplamento violento como por acoplamento não-violento. Conforme lembra Capra (1983), o uso desta capacidade se mostra muito comum na dinâmica da vida. “Quanto mais alguém estuda o mundo vivo, mais percebe que a tendência para a associação, para o estabelecimento de conexões, para a vida dentro de outros e para cooperar, é uma característica essencial dos organismos vivos.”¹⁷ (Capra, 1983, p. 278)

Abelhas e formigas, por exemplo, são incapazes de sobreviver isoladas, mas, em grande número, elas agem quase como células de um organismo complexo com uma inteligência coletiva e capacidade de adaptação muito superiores àquelas de cada um de seus membros. Semelhantes coordenações estreitas de atividades também ocorrem entre espécies diferentes, o que é conhecido como simbiose, e, mais uma vez, os sistemas vivos resultantes têm características de organismos isolados. (Capra, 2006, p. 44)

Dentre as formas de associação encontradas na natureza, a simbiose é uma das mais notáveis. “A simbiose, como o casamento, significa a vida em comum, nos bons e nos maus momentos; mas, enquanto o casamento é feito entre duas pessoas diferentes, a simbiose ocorre entre dois ou mais tipos diferentes de seres vivos.” (Margulis & Sagan, 2002, p. 132)

A simbiose pode ser vista em parcerias muito bem sucedidas, como aquelas que formam os líquens¹⁸. Nela, os indivíduos estabelecem laços firmes, percebem a presença um do outro e criam uma forte dependência destas relações que se fortalece com o passar do tempo. Mesmo em parcerias entre reinos diferentes podem ocorrer fenômenos com profundas implicações, como a troca de características genéticas. Alianças cruzadas como estas ocorrem até os dias de hoje

¹⁷ Do inglês: “The more one studies the living world the more one comes realize that tendency to associate, stablsh links, live inside one another and cooperate is an essential characteristic of living organisms.”

¹⁸ Líquens são associações íntimas entre fungos e bactérias.

envolvendo plantas, fungos, vírus, bactérias e até mesmo seres mais complexos que exercem a simbiose em um nível consciente (Margulis & Sagan, 2002).

Uma particularidade destas relações é que estas também podem ocorrer por meio de acoplamentos violentos de certa forma irreversíveis. Um exemplo deste tipo de relação pode ser visto nas organelas, como as mitocôndrias¹⁹. Em 1967, Lynn Margulis identificou que estas se tratam de estruturas dotadas de autopoiese, possuem seu próprio DNA e são capazes de se reproduzir de maneira autônoma. Com base nesta constatação a autora propôs que as organelas são subsistemas autônomos das células que foram incorporados por meio de uma espécie muito particular de acoplamento violento, denominado endossimbiose (Margulis, 1998, 2001; Margulis & Sagan, 1987; Sagan, 1967).

Por meio deste tipo de associação, as primeiras células procariontes²⁰ que abrigavam tais estruturas se tornaram mais eficientes no processamento de oxigênio e no armazenamento de energia. Em contrapartida, as pequenas formas de vida que nela se abrigaram, ganharam proteção e maior capacidade de locomoção. Este relacionamento íntimo entre estes pequenos seres vivos teve origem nos primórdios da evolução e é tão profundo que assumiu um caráter hereditário. A dinâmica das entidades envolvidas foi afetada de tal forma que a vida de ambos se tornou impossível sem a existência desta inter-relação (Margulis, 1998).

Neste tipo de relação endossimbiótica, os seres mais simples, como as bactérias, tendem a ser mais eficientes do que os mais complexos. Isto porque, estes organismos possuem uma individualidade limitada que lhes permite absorver novas estruturas organizacionais, sem que estas sejam rejeitadas por sua dinâmica autopoietica. O repertório limitado de ações destas entidades também proporciona uma maior probabilidade de que haja complementaridade metabólica, levando a um aumento da redundância do conjunto quando dois ou mais organismos vivem em associação (Margulis & Sagan, 2002). Em síntese, pode-se dizer que as organizações mais simples têm maior probabilidade de tirar proveito de uma relação endossimbiótica e de não rejeitar as estruturas adicionadas à sua dinâmica,

¹⁹ As mitocôndrias são as pequenas usinas de força responsáveis por processar a respiração celular.

²⁰ Células procariontes são aquelas que não são dotadas de membranas isolando seu DNA.

enquanto as entidades mais complexas, têm maior probabilidade de combater o simbiote por meio de sua redundância embutida.

A partir dos estudos da área, Margulis (1998) e Margulis e Sagan (2002) foram além e propuseram que os relacionamentos entre diversas entidades microscópicas podem ser vistos como a base evolutiva dos seres vivos, inclusive dos eucariontes²¹. Para as autoras:

a vida é o estranho fruto novo de indivíduos que evoluíram por simbiose, Nadando, conjugando-se, barganhando e dominando, as bactérias que viviam em estreita associação durante a era proterozóica deram origem a uma miríade de quimeras – seres mistos, dos quais representamos uma fração minúscula de uma prole em expansão. Através de fusões corporais, esses seres díspares inventaram o sexo meiótico, a morte programada e uma complexa multicelularidade. (Margulis & Sagan, 2002, p. 154)

Esta perspectiva traz uma nova concepção para o processo de evolução. Nela, as descobertas de Darwin (2009), de que os “acidentes genéticos” são responsáveis pela aquisição de características, é apenas uma parte de um processo maior, onde grande parte da aquisição de variedade dos seres vivos se dá por meio da interação e da aquisição de predicados, por meio de relações íntimas entre entidades distintas. A Simbiogênese, como ficou conhecida esta ideia, mostra que a simbiose teve um papel crucial na evolução da vida na Terra, de certa forma mais importante do que a competição, proposta pela visão Darwinista (Margulis, 1998; Skar, 2003).

Este conceito vem sendo reforçado nas últimas décadas, por um grande número de evidências, obtidas por pesquisadores como Fischer et al. (1994), Andersson et al. (1998), Mileykovskaya e Dowhan (2009), Zeth e Thein (2010), Fairman, Noinaj e Buchanan (2011) e Dagan et al. (2013). Tais descobertas têm alterado o foco da biologia “[...] da evolução para a coevolução – uma dança em andamento que procede por intermédio de uma sutil interação entre competição e cooperação, entre criação e mútua adaptação.” (Capra, 2006, p. 182) Um contexto onde:

o ponto de vista da evolução como uma competição sangrenta recorrente entre indivíduos e espécies, uma distorção popular da noção de Darwin acerca da "sobrevivência dos mais aptos", se dissolve diante de uma nova

²¹ Eucariontes são seres dotados de células nucleadas.

visão de cooperação contínua, forte interação e dependência mútua entre formas de vida.²² (Margulis & Sagan, 1987, pp. 30-31)

Como uma propriedade emergente dos sistemas vivos, a simbiose está envolvida até mesmo nas complexas dinâmicas de regulação do ecossistema planetário. Ao estudar as dinâmicas responsáveis por manter o planeta Terra em um estado distante do equilíbrio, Lovelock e Kaplan (1975) propuseram que a Terra se trata de um grande sistema homeostático, onde a biosfera atua como um agente regulador que, por meio de *feedback* negativo, controla as condições para a sua própria existência. Esta hipótese ficou conhecida como hipótese de Gaia (Lovelock, 2000).

Mas, Lovelock (2000) foi além. O autor identificou que o comportamento do planeta Terra, transcende a homeostase e se apresenta como uma dinâmica autopoietica, típica de um organismo vivo. Nela o ecossistema é capaz de se recriar para compensar até mesmo o aquecimento gradual do sol, por meio de uma robusta teia de interações.

O aspecto de destaque desses laços de realimentação está no fato de que ligam conjuntamente sistemas vivos e não-vivos. Não podemos mais pensar nas rochas, nos animais e nas plantas como estando separados uns dos outros. A teoria de Gaia mostra que há um estreito entrosamento entre as partes vivas do planeta – plantas, microrganismos e animais – e suas partes não-vivas – rochas, oceanos e atmosfera. (Capra, 2006, p. 93)

A confirmação de que a hipótese de Lovelock e Kaplan (1975) se mostrava como uma boa descrição para os fenômenos observados na dinâmica planetária, veio com os trabalhos de Watson e Lovelock (1983). Os autores criaram um experimento virtual, denominado de “mundo das margaridas”²³, para provar que a autorregulação da temperatura seria uma propriedade emergente de um planeta habitado. Os resultados encontrados por esta simulação mostraram que um planeta hipotético, habitado por dois tipos de margaridas, poderia se comportar como uma estrutura autopoietica, capaz de se autorregular, até que a temperatura atingisse o ponto de ruptura do sistema.

²² Do inglês: “[...] the view of evolution as chronic bloody competition among individuals and species, a popular distortion of Darwin’s notion of “survival of the fittest,” dissolves before a new view of continual cooperation, strong interaction, and mutual dependence among life forms.”

²³ Do inglês: “Daisyworld”

Lenton e Lovelock (2001) aprimoraram o mundo das margaridas para provar a hipótese de que os processos encontrados no planeta Terra envolvem uma complexa associação entre sistemas biológicos e abióticos. Os autores não só confirmaram esta hipótese ao adicionar a presença de nuvens e um componente de mutação aleatório ao modelo original de Watson e Lovelock (1983), como também encontraram algumas notáveis propriedades emergentes destes sistemas.

A primeira é que a introdução dos processos abióticos reduziu a competição no mundo das margaridas. A segunda é que os organismos que tendem a se perpetuar neste tipo de sistema, regido por acoplamentos, são aqueles que conseguem estabelecer *feedback* com o meio, de forma a garantir a manutenção de suas condições de sobrevivência, como os vistos na simbiose. A última é que em um sistema de nichos, como o mundo das margaridas, um dano provocado a uma região, pode provocar o colapso de todo o sistema o que torna os sistemas diversificados mais estáveis (Lenton, 1998; Lenton & Lovelock, 2001).

Destarte, os trabalhos dos adeptos da teoria de Gaia mostraram que os acoplamentos entre sistemas abióticos – alopoiéticos – e sistemas biológicos – autopoiéticos – podem desenvolver dinâmicas autopoiéticas, onde a sobrevivência do sistema está ligada a manutenção de laços de *feedback* entre seus componentes, capazes de possibilitar a autorregulação e autoconstrução do sistema. Neste cenário, os componentes desta grande estrutura são os responsáveis pela manutenção do próprio ambiente que os sustenta. Eles precisam competir dentro de um limite saudável que lhes permita sustentar um relacionamento simbiótico com o planeta de forma a garantir sua própria integridade e o desenvolvimento de seu habitat.

Portanto, os novos conceitos apresentados pelos pesquisadores da simbiogênese, trazem profundas implicações para a compreensão das relações entre os seres vivos, já que mostram que “a vida não assumiu o globo pelo combate, mas em rede.”²⁴ (Margulis & Sagan, 1987, p. 31) “[...] A força motriz da evolução, de acordo com a nova teoria emergente, deve ser encontrada não em eventos casuais de mutações aleatórias, mas sim, na tendência inerente da vida para criar novidade, na emergência espontânea de complexidade e de ordem crescentes.” (Capra, 2006,

²⁴ Do inglês: “Life did not take over the globe by combat, but by networking.”

p. 182) Uma complexidade que surge a partir de um amplo conjunto de agentes altamente diversificados que interagem em busca da complementariedade e da manutenção das condições favoráveis à sua própria existência.

3 O PROBLEMA ESTRATÉGICO E A COMPLEXIDADE

Para entender o problema estratégico e suas consequências para as organizações, inicialmente é necessário compreender a natureza do problema. Nesta área de estudo, a definição mais utilizado para o termo estratégia, até os dias de hoje, remete ao utilizado pelas abordagens militares. Esta abordagem pode ser vista nas obras de autores como Wright, Kroll e Parnell (2007), Almeida (2001) e Hunger e Wheelen (2002). Para estes autores, a estratégia consiste em um programa para guiar a organização por uma determinada rota que proporcione estabilidade e vantagem competitiva para as organizações (Hunger & Wheelen, 2002; Mintzberg et al., 1998). Mintzberg (1987c) ainda ressalta que nesta abordagem o planejamento também pode ser utilizado para criar estratégias, com o objetivo de ludibriar a concorrência e produzir falsas sinalizações de intenção.

Para que estes planos se transformem em ação, o planejamento necessita ser implementado como um programa pela organização (Mintzberg et al., 1998). É diante desta necessidade que emerge um conceito que autores como Valle, Soares, Finocchio Jr e Silva (2007) e Wright et al. (2007) denominam de “Administração Estratégica”. Nas palavras de Wright et al. (2007) a “Administração Estratégica” incorpora o:

[...] processo contínuo de determinação da missão e objetivos da empresa no contexto de seu ambiente externo e de seus pontos fortes e fracos internos, formulação de estratégias apropriadas, implementação dessas estratégias e execução do controle para assegurar que as estratégias organizacionais sejam bem sucedidas quanto ao alcance dos objetivos. (Wright et al., 2007, p. 45)

Apesar desta concepção, que trata a estratégia como um plano ou um estratégia, ainda ser um ponto de vista fortemente enraizado no meio de gestão, Mintzberg (1987c) identificou, em seus estudos sobre a área, mais três outros significados para o termo. São eles: a estratégia vista como um padrão de comportamento organizacional, como uma posição ou como uma perspectiva.

A primeira entende que a “estratégia é um padrão, isto é, consistência no comportamento ao longo do tempo.”²⁵ (Mintzberg, 1987a, 1987c, 2003a; Mintzberg et al., 1998, p. 9) Neste contexto a estratégia se trata de uma consistência percebida nas ações das organizações. Esta proposição permite o uso do conceito de estratégia de maneira mais abrangente, já que possibilita lidar, tanto com ideia do planejamento e controle deliberados, como com seu antagônico, a emergência de comportamentos espontâneos nas atividades cotidianas das organizações (Mintzberg, 1987c).

Diante de tal concepção, não importa se a estratégia foi deliberada a partir de um plano ou simplesmente deriva do comportamento organizacional. Nela a organização pode ter estratégias que emergem de sua própria condição operacional, onde “[...] os agentes agiriam improvisando em função das circunstâncias.” (Bethlem, 2001, p. 19; Mintzberg, 1987b) Com o passar do tempo, as “ações simplesmente se convertem em padrões”²⁶ que, em última instância, se associam com as estratégias deliberadas e compõem a estratégia realizada pela organização (Mintzberg, 2003a, p. 69).

Figura 7: Dinâmica que origina as estratégias realizadas pela organização.

Fonte: Mintzberg (2003b, p. 14).

Na estratégia como padrão, as estratégias realizadas surgem de acordo com a dinâmica ilustrada na figura 7. Nela, as mudanças nos ambientes interno e externo

²⁵ Do inglês: “Strategy is a pattern, that is consistency in behavior over time.

²⁶ Do inglês: “actions simple converge into patterns.”

levam determinadas estratégias pretendidas e deliberadas a não serem realizadas. Por outro lado, as pressões ambientais induzem à emergência de respostas espontâneas, nos mais diversos níveis da organização, que quando somados ao que persiste das estratégias deliberadas, formam padrões de comportamento realizados pela organização (Mintzberg, 1987b, 1987c; Mintzberg et al., 1998; Wright et al., 2007).

Neste tipo de dinâmica, oriunda de um componente emergente, “uma organização pode ter um padrão (ou estratégia realizada) sem saber que o tem.”²⁷ (Mintzberg, 2003a, p. 67) Portanto, quando se considera a estratégia sob esta perspectiva, a afirmação de Hamel (1998), a respeito da incapacidade dos estudiosos de reconhecer uma estratégia antes que a vejam, se mostra uma realidade insuperável.

O conceito de estratégia emergente vem crescendo dentro do universo de gestão deste a década de 1980 e pode ser visto em trabalhos como os de Hamel (1996, 2002), Prahalad e Hamel (1990) e Hunger e Wheelen (2002). Para os adeptos deste campo, as estratégias normalmente são fruto do aprendizado e da criatividade. Estas surgem a partir da diversidade dos agentes que, como um novo código genético, trazem novas ideias, novas conversas entre as partes e novos apegos por certas oportunidades (Hamel, 1996, 1998).

No contexto, das estratégias emergentes, “o chamado planejamento estratégico deve ser reconhecido pelo que é: um meio, não para criar estratégia, mas para programar uma estratégia já criada – para trabalhar com suas implicações formalmente.”²⁸ (Mintzberg, 2003a, p. 73) No extremo, Hamel (1996), defende que o planejamento sequer pode ser encarado como estratégia. Para o autor “planejamento diz respeito a programar, não sobre descobrir. Planejamento é para tecnocratas, não para sonhadores. Dar aos planejadores a responsabilidade pela estratégia é como pedir a um pedreiro para criar uma Pietà de Michelangelo.”²⁹ (Hamel, 1996, p. 71)

²⁷ Do inglês: “An organization can have a pattern (or realized strategy) without knowing it [...]”

²⁸ Do inglês: “So-called strategic planning must be recognized for what it is: a means, not to create strategy, but to program a strategy already created – to work out its implications formally.”

²⁹ Do inglês: “The essential problem in organizations today is a failure to distinguish planning from strategizing. Planning is about programming, not discovering. Planning is for technocrats, not

Por conta de problemas como este, a proposição de que as organizações possuem estratégias emergentes é controversa e apresenta importantes implicações para a área. Fica evidente neste contexto, que o conceito de estratégia emergente leva as ideias de estratégia como um padrão de encontro com os ideais de controle, adotados pelas visões clássicas de gestão. Diferente da perspectiva do planejamento, na estratégia como padrão não importa se a estratégia foi deliberada a partir de um plano ou simplesmente deriva do comportamento organizacional.

Outro antagonismo reside no fato de que, diferente das visões clássicas que visam construir um futuro para a organização, o enfoque da estratégia como um padrão se volta para o passado, para consistência percebida nas ações cotidianas da mesma (Mintzberg, 1987b, 1987c, 2003a, 2003b; Mintzberg et al., 1998). Portanto, quando tomada a definição de estratégia como padrão, “a definição formal de estratégia e sua origem militar não sobrevive, nós precisamos da palavra tanto para explicar ações passadas como para descrever o comportamento pretendido.”³⁰ (Mintzberg, 2003a, p. 67)

É evidente no caso em pauta que a emergência estratégica e o planejamento formam uma dicotomia, contudo estes são diferentes facetas de um mesmo eixo da estratégia que envolve a questão da governança das organizações. Quando o direcionamento se dá por meio de estratégias puramente deliberadas o que se encontra é uma condição onde toda a estratégia é programada e a possibilidade de aprendizado é zero, o que dificulta a capacidade reativa da organização. Quando a situação se inverte e as estratégias se tornam puramente emergentes, observa-se uma grande possibilidade de aprendizado, mas o controle das ações é zero, ou seja, a organização é praticamente autogovernada por uma mente coletiva que opera no limiar do caos (Brown & Eisenhardt, 2004; Mintzberg et al., 1998).

Na prática, este tipo de situação extrema não costuma ser encontrada. Na maioria das organizações o que ocorre é uma forma de governança onde a estratégia se realiza como um meio termo entre o pretendido e o emergente. Este tipo de governança possibilita um balanço harmonioso entre capacidade de controle

dreamers. Giving planners responsibility for creating strategy is like asking a bricklayer to create a Michelangelo's Pietà.”

³⁰ Do inglês: “Strategy's formal definition and its Greek military origins notwithstanding, we need the word as much to explain past actions as to describe intended behavior.”

e capacidade de adaptação que pode ser dimensionado de acordo com a realidade na qual cada organização se encontra inserida (Mintzberg et al., 1998).

Em última instância, pode-se dizer que no eixo da governança, a estratégia diz respeito às decisões que uma empresa deve tomar a respeito de si mesma, seja por meio emergente, seja por meio deliberado. Estas decisões, nos mais diversos níveis, irão moldar a organização e a compreensão coletiva da mesma, frente ao meio (Besanko et al., 2012; Mintzberg et al., 1998).

Além do eixo da governança – que, em última instância, se baseia na concepção de estratégia como padrão –, o conceito de estratégia também orbita em torno de um segundo eixo, cujos antagônicos são o foco no ambiente externo e o foco no ambiente interno da organização (Mintzberg, 1987c).

O enfoque no ambiente externo ganhou destaque a partir do revolucionário livro *Competitive Strategy* de Michael Porter, publicado em 1980. Para M. E. Porter (1996, 1999) e seus seguidores, a estratégia consiste em um plano cujo objetivo é, deliberadamente, fortificar uma única posição dentre três tipos de posições genéricas – a liderança em custo, a diferenciação e o enfoque – através da construção de barreiras para protegê-la. De acordo com Mintzberg et al. (1998), esta ideia de que a estratégia deve ser vista como a escolha de uma posição única e valiosa, se tornou a abordagem dominante no meio de gestão, até os dias de hoje.

O ponto de destaque desta perspectiva, no que se refere à definição do termo estratégia, é o fato de que nela a essência da estratégia está em fazer escolhas deliberadas de posições, com base em possibilidades de futuro acerca das forças competitivas que regem o mercado (M. E. Porter, 1990, 1999). Em última instância, nela a “estratégia envolve fazer escolhas difíceis em três dimensões: que clientes focalizar, que produtos oferecer e que atividades realizar.” (Markides, 2002, p. 229) Neste contexto, a estratégia olha quase que exclusivamente para o ambiente externo e a estrutura da organização é pensada de forma a se adequar a este. Portanto, nesta abordagem, o comportamento da organização se molda ao contexto externo, já que o ambiente precede a estratégia e esta, por sua vez, precede a estrutura da organização.

No extremo antagônico à esta concepção, encontra-se um ponto de vista que trata a estratégia como uma perspectiva única. Autores consagrados, como Peter

Ferdinand Drucker e Peter M. Senge defendem esta vertente, cuja ideia central é a de que “qualquer tentativa para se basear ações e compromissos de hoje em previsões de eventos futuros é inútil.” (Drucker, 1998, p. 151)

Nota-se que esta percepção difere radicalmente da ideia de estratégia como posição. Nela a unicidade da organização, que emerge de sua mente coletiva, é o principal fator de diferenciação da mesma. Portanto, a estratégia como perspectiva entende que o termo se refere àquela maneira única das organizações se comportarem no contexto em que estão inseridas.

Neste cenário, a estratégia encontra-se intimamente ligada à maneira com a qual a organização desenvolve suas atividades e à forma com a qual seus executivos abordam os problemas. Diante desta concepção, as estratégias, sejam elas deliberadas ou emergentes, devem se basear, essencialmente, no aprendizado e no comprometimento dos colaboradores (Drucker, 1998, 1999; Mintzberg, 1987c; Mintzberg et al., 1998; Senge, 2009).

Fica claro diante destas múltiplas perspectivas apresentadas que a:

[...] estratégia não é apenas uma ideia sobre como lidar com um adversário, ou um conjunto de concorrentes em um mercado, como é tratado em muito da literatura ou de seu uso popular. Ela também destaca algumas questões fundamentais sobre as organizações como instrumentos de percepção e ação coletiva.³¹ (Mintzberg, 2003b, p. 21)

Os estudos de Mintzberg (1987c) mostram que os conceitos de estratégia, amplamente usados no ambiente de gestão, estariam, invariavelmente, concentrados sobre dois eixos principais, o da governança, baseado na dicotomia entre aprendizado e controle e o do foco, cuja dicotomia envolve os aspectos internos e externos às organizações. Estes eixos comuns, exigem uma concepção onde a estratégia seja vista não como um ato puramente deliberado, mas como “um processo organizacional, de diversas formas inseparável da estrutura, do comportamento e cultura da empresa em que ocorre.”³² (Andrews, 2003, p. 73)

A forma com a qual se organiza tais conceitos tão abrangentes, mostrada pelos múltiplos sentidos explorados pela área, aponta que os mesmos ainda se

³¹ Do inglês: “[...] strategy is not just a notion of how to deal with an enemy or a set of competitors or a market, as it is treated in so much of the literature and its popular usage. It also draws us into some of the most fundamental issues about organizations as instruments for collective perception and action.”

³² Do inglês: “Corporate strategy is an organization process, in many ways inseparable from the structure, behavior, and culture of the company in which takes place.”

encontram sustentados em uma base reducionista (Stacey, 1995), que fragmenta a compreensão acerca do que é a estratégia. Conforme apresentado anteriormente, os cenários contemporâneos exigem aquilo que já havia sido identificado previamente por Mintzberg et al. (1998), uma concepção acerca da estratégia que possa transcender a “costura” das principais escolas de pensamento da área e que possibilite explorar os aspectos dinâmicos que regem a vida da estratégia. Neste sentido, Stacey (1995) lembra que a única abordagem capaz de dar conta desta realidade é a ciência da complexidade.

“A complexidade é efetivamente o tecido de acontecimentos, ações, interações, retroações, determinações, acasos, que constituem nosso mundo fenomênico.” (Morin, 2007c, p. 13) Diante desta percepção, o conceito de estratégia precisa abranger todo e qualquer aspecto que impulse a ação empreendida por uma determinada forma de organização, inclusive as organizações. Portanto, para as abordagens baseadas na complexidade, “a palavra estratégia se opõe à programa.” (Morin, 2007c, p. 81) Para esta concepção:

um programa não passa de uma sequência de ações predeterminadas, ou seja, só pode ser bem-sucedido em ambientes com muita ordem e pouca desordem. Já uma estratégia é produzida pelo exame simultâneo das condições determinadas (ordem) e incertezas (desordem), e cria a ação. (Bauer, 1999, p. 54)

Em última instância, “[...] o programa não obriga a estar vigilante. Ele não obriga a inovar.” (Morin, 2007c, p. 81) Em condições estáveis os programas, conforme propostos pelo ideal da estratégia como plano, podem ser suficientes para dar conta das anomalias e produzir ações bem sucedidas, mas em condições incertas, somente a estratégia que emerge de uma iniciativa criativa e/ou coletiva, pode se consolidar em ação e dar conta de garantir a perpetuidade das organizações (Hamel, 1996, 2002; Morin, 2007c).

Portanto, esta percepção é sinérgica com a concepção de estratégia como padrão, ao passo que só pode ser reconhecida pelo que é realizado, ou seja, só pode ser identificada a partir de sua execução. Contudo, há de se ressaltar que para a complexidade a estratégia abrange os dois eixos propostos por Mintzberg et al. (1998) e vai além. Nela a estratégia envolve realização, abrange controle e emergência, pode olhar tanto para dentro como para fora da organização, pode se

configurar como truque ou qualquer outro ato e/ou processo que se transforme em uma ação realizada pelos agentes.

3.1 DEFININDO O PROBLEMA ESTRATÉGICO

Segundo Ansoff, Declerck e Hayes (1981) e Ansoff e Hayes (1981) o interesse pelo problema estratégico ganhou destaque na década de 1950, quando as organizações perderam sua posição como instrumentos de progresso social e foram submetidas a um cenário de competição por espaço no contexto do mercado. Em essência, definir o problema estratégico consiste em identificar as questões chave que deverão ser tratadas pela estratégia. Contudo, assim como as dificuldades encontradas para definir o termo, o escopo que envolve o problema a ele relacionado, também não é claro entre as diversas abordagens da literatura.

Diante de uma abordagem mais popular, como a adotada por Crouch (1998), o problema estratégico é visto como uma problemática que se refere a como sustentar relacionamentos dinâmicos em mercados que transitam entre a competição belicosa e a cooperação harmônica entre os agentes. Apesar de sua abordagem aberta à ideia da cooperação, as perspectivas do autor remetem diretamente à definição que trata a estratégia como uma posição, já que tem seu enfoque na concepção de que a estrutura do mercado precede a estratégia e esta, por sua vez, precede a estrutura da organização. Neste contexto, o problema estratégico remete às questões que podem ser vistas no quadro 7.

Outras abordagens, como a de Burnett (1998), já remetem à ideia de estratégia como plano, mais especificamente ao conceito de administração estratégica. Nesta perspectiva, o problema estratégico envolve seis tarefas: “(1) formulação de metas, (2) análise ambiental, (3) formulação da estratégia, (4)

avaliação da estratégia; (5) implementação da estratégia, e (6) controle estratégico.”³³ (Burnett, 1998, p. 480)

Quadro 7: Questões tratadas pelo problema estratégico.

Fronteiras da empresa: O que uma empresa deve fazer/produzir/fornecer, que porte ela deve ter e em que negócios deve se envolver?

Análise de mercados e da concorrência: Qual a natureza dos mercados nos quais a empresa compete e a natureza das interações competitivas entre as empresas nesses mercados?

Posicionamento e Dinâmica: Como a empresa deve se posicionar para competir, em que deve se basear a sua vantagem competitiva e como ela deverá se ajustar ao longo do tempo?

Organização interna: Como a empresa deve se organizar internamente a sua estrutura e os seus sistemas?

Fonte: Besanko et al. (2012, p. 31)

Os trabalhos de Mukherji e Hurtado (2001), por sua vez, mostram que a bibliografia em geral aponta para duas vertentes a respeito da definição do problema estratégico. A primeira se refere à problemática de categorizar o ambiente, enquanto a segunda diz respeito a destacar as principais respostas da organização àquilo que é estabelecido como contexto pelo mesmo. De certa maneira, o achado destes autores sintetiza as três dimensões propostas originalmente por Ansoff e Hayes (1981). Para estes, o problema estratégico evoluiu até contemplar os problemas internos e externos suscitados pela situação, os processos de solução destes problemas e as variáveis que os compõem.

A princípio, esta abrangente definição de Ansoff e Hayes (1981) parece apropriada para o tratamento da estratégia, quando esta é definida como um padrão de comportamento organizacional. Contudo, Stacey (1995) sugere que para abordar o problema estratégico, tendo por base a ciência da complexidade, este precisaria abranger duas questões distintas:

A primeira é a da escolha estratégica - um processo de transformação no qual as organizações se adaptam às mudanças ambientais, reestruturando-se de uma maneira intencional e racional. [...] A segunda é a da ecologia - um processo evolutivo de seleção competitiva em que toda a população das organizações se adapta às mudanças do meio ambiente, uma vez que a

³³ Do inglês: “(1) goal formulation; (2) environmental analysis; (3) strategy formulation; (4) strategy evaluation; (5) strategy implementation; and (6) strategic control.”

adaptação individual das mesmas é bloqueada pela inércia institucional e especificidade dos recursos.³⁴ (Stacey, 1995, p. 477)

Tomando-se por base a definição de estratégia oriunda do pensamento complexo, que trata conceito como ação, e a ideia de que “[...] o desafio da complexidade reside no duplo desafio da religação e da incerteza” (Morin, 2007b, p. 63), pode-se dizer que, sob a ótica da complexidade, o problema estratégico estaria invariavelmente ligado à governança em sistemas complexos, ricamente interligados e perturbados por aspectos internos e externos aos sistemas que o compõem. Neste contexto, as abordagens de Ansoff e Hayes (1981) e a abordagem complexa, adotada por Stacey (1995), convergem para indicar os aspectos gerais, capazes de considerar a problemática à que se referem aquelas estratégias que se convertem em ações realizadas pelos agentes socioeconômicos.

3.2 A NATUREZA ECONÔMICA DO PROBLEMA ESTRATÉGICO

Pode-se abordar a estratégia de várias formas. Pode-se estudar estratégia sob a perspectiva da teoria dos jogos matemáticos, buscando descobrir a lógica da escolha em situações que envolvem rivalidade. A estratégia também poderia ser estudada a partir da perspectiva da psicologia, focalizando-se em como as motivações e os comportamentos dos indivíduos que tomam decisões moldam a direção e o desempenho das organizações. Também se poderia estudar as questões relacionadas à estratégia considerando a perspectiva organizacional, da ciência política ou até da antropologia. (Besanko et al., 2012, p. 28)

As abordagens convencionais acerca da estratégia avaliam o desempenho passado das organizações, tomando por base o que foi feito pelas empresas bem sucedidas. Contudo, Besanko et al. (2012) lembram que tais abordagens se

³⁴ Do inglês: “The first is that of strategic choice - a transformational process in which organizations adapt to environmental changes by restructuring themselves in an intentional, rational manner. [...] The second is that of ecology - an evolutionary process of competitive selection in which whole population of organizations adapt to environmental change, given that individual organizational adaptation is blocked by institutional inertia and resource specificity.”

mostram limitadas por vieses oriundos da complexidade dos cenários internos e externos à organização, o que dificulta diferenciar o que se trata de um fator realmente chave para o sucesso, daquele que não passa de uma ocorrência circunstancial.

De acordo com Besanko et al. (2012), embora as demais disciplinas que tratam do problema costumem tratar, frequentemente, os mesmos temas abordados pela economia – ver quadro 8 – uma abordagem que tem por base princípios econômicos, consiste em uma boa alternativa para romper com a problemática dos estudos de casos isolados. Isso porque, a abordagem da economia exige que o analista seja explícito com relação aos modelos. Deste modo, as perspectivas de base econômica diferem das demais por explicitar as questões de maneira clara o que permite distinguir entre “proposições logicamente derivadas e conjecturas não fundamentadas” (Besanko et al., 2012, p. 28).

Quadro 8: Temas abordados pela economia

Tomadores de decisões: Quem são os jogadores ativos, os que efetivamente ditam as regras? Que decisões são “fixadas” na situação em questão?

Metas: O que os tomadores de decisões estão tentando realizar? Estão maximizando lucros ou têm interesses não-pecuniários?

Escolhas: Que ações estão sendo consideradas? Quais são as variáveis estratégicas? Qual o horizonte de tempo sobre o qual as decisões podem ser tomadas?

Relacionamento entre escolhas e resultados: Que mecanismo é usado para traduzir decisões específicas em resultados específicos? O mecanismo é complicado por incerteza em relação a fatores como gostos, tecnologia ou escolhas de outros tomadores de decisões?

Fonte: Besanko et al. (2012, p. 28)

Uma vez que a “economia é a ciência de tomada de decisões na presença de recursos escassos” (Baye, 2010, p. 3) e a ação que deriva das decisões, no âmbito das organizações, objetiva a utilização e produção de tais recursos, pode-se dizer que esta percepção faz sentido no âmbito da estratégia, já que o problema estratégico consiste em uma questão de ordem essencialmente econômica e social.

A ideia de que o problema estratégico nutre uma forte relação com as ciências econômica não é nova. Um dos mais notáveis movimentos, no sentido de alinhar o pensamento estratégico ao pensamento econômico, veio das ideias revolucionárias da escola do Posicionamento, iniciada por Michael Porter (Mintzberg et al., 1998). Na visão dos pensadores desta escola, o problema estratégico seria, em essência,

um problema cuja solução passa pela aplicação de uma série de ferramentas analíticas, obtidas por meio de estudos empíricos, fortemente enraizados no pensamento econômico neoclássico (Mintzberg et al., 1998; M. E. Porter, 1990, 1999).

Devido à grande influência que esta linha de pensamento teve no ambiente da estratégia, a relação entre esta área e o pensamento econômico neoclássico ainda é evidente no ambiente de gestão contemporâneo. Textos baseados nesta relação podem ser encontrados em obras de destaque, como as de Besanko et al. (2012) e McGuigan, Moyer e Harris (2010). Os trabalhos destes autores se baseiam no raciocínio microeconômico com objetivo de auxiliar no planejamento e na execução das estratégias empresariais. Para McGuigan et al. (2010) a abordagem microeconômica traz vantagens ao passo que serve para explicar o comportamento esperado dos agentes e, deste modo, fornece subsídios para a tomada de decisões dos gestores a respeito de quais estratégias seguir e como alocar seus recursos de maneira eficaz.

No contexto das abordagens neoclássicas, um trabalho que merece destaque é o de Walras (1926). O autor se concentra em princípios similares ao utilitarismo, mas propõe uma abordagem que transcende as suposições dos neoclássicos, baseadas no *coeteris paribus*³⁵. Para tal ele demonstra a forte interdependência dos fatores econômicos e, portanto, o caráter sistêmico da economia, que em última instância poderia levar os mercados ao equilíbrio. Contudo, embora seja uma descrição bastante detalhada, o sistema de Walras (1926) apresenta notáveis dificuldades práticas, já que, segundo cálculos realizados por Pareto, este sistema exigiria 70.699 equações para descrever um simples sistema com apenas 100 agentes que estivessem trocando 700 bens (Araújo, 2012; Spiegel, 1991).

Desse modo, mesmo com toda a elegância da abordagem neoclássica, a economia também encontrou dificuldades inerentes às grandes mudanças estruturais que influenciaram os comportamentos socioeconômicos após a metade do século XX. De acordo com Araújo (2012), apesar de os modelos neoclássicos se mostrarem bastante robustos no que tange à sua coerência interna, o ideal de concorrência perfeita, torna até mesmo as refinadas tratativas dadas por esta

³⁵ Do latim: mantidos constantes todos os demais fatores.

abordagem, pouco eficazes para lidar com os contextos altamente complexos, como os surgidos desde então (Pyka & Grebel, 2006).

Para Gary S. Becker (1962), estes enfoques não têm se mostrado capazes de lidar com os cenários econômicos reais, pois suas descrições se concentram nas ideias da racionalidade e do equilíbrio. Fato que levou à um descontentamento com as visões econômicas denominadas de clássicas e neoclássicas. Problemas como o *feedback* positivo e os mercados oligopolistas e monopolistas, levaram um grande grupo de pesquisadores a questionar as bases do pensamento econômico e administrativo de até então, já que as ideias do comportamento racional, da previsibilidade e do equilíbrio se mostravam insuficientes para descrever tais problemáticas (Prahalad & Hamel, 1994; Pyka & Grebel, 2006)

Além destas dificuldades, “a ciência econômica que nos foi legada deriva de uma cultura motivada principalmente pelo ideal da acumulação de bens materiais e do exercício do poder.” (Novaes, 1971, p. 17) Em um contexto como este, o papel da economia aplicada ao ambiente das organizações é o de auxiliar no processo de tomada de decisão de maneira a otimizar a alocação de recursos, para que estes maximizem a riqueza de seus acionistas (McGuigan et al., 2010).

Este tipo de abordagem se refletiu em uma série de tratamentos econômicos complexos, como aqueles dados ao problema da tragédia dos comuns proposto por Hardin (1968). O autor identificou que o planeta é finito em uma série de recursos, e independente das tecnologias que venhamos a dominar, em termos de reciclagem, ele ainda o será no âmbito do espaço. Ao tomar por base a ideia de que a população tende a crescer em progressão geométrica, “[...] isso significa que a parcela per capita de bens do mundo deve diminuir de forma constante.”³⁶ (Hardin, 1968, p. 1243) O problema surge quando o indivíduo deve arcar com um ônus dividido, enquanto os resultados serão individuais, a esta problemática Hardin (1968) denominou de tragédia dos comuns.

Se valendo de uma abordagem neoclássica, o autor sugeriu que as proibições e apelos morais não são capazes de produzir o senso de coesão para preservação dos bens comuns. Mesmo com proibições e apelos morais, os agentes podem continuar tratando bens comuns e, até mesmo, propriedades privadas, dentro da

³⁶ Do inglês: “[...] this means that the per capita share of the world’s goods must steadily decrease.”

lógica da tragédia dos comuns – como fazem os assaltantes de banco, ao roubar uma agência. Para garantir uma coerção eficaz, esta visão sugere que as ações de regulação devem ser feitas no sentido de tornar onerosa a exploração de um determinado bem, para o indivíduo. Quanto mais onerosa, menor a chance de o agente explorar “bens comuns” de maneira a comprometer o desempenho coletivo dos mesmos. Hardin (1968) conclui, então, que o sistema legal de propriedade privada pode até ser injusto, mas até o momento não se inventou nada melhor para lidar com a exploração dos bens comuns, já que a alternativa à injustiça seria a ruína total do sistema.

Apesar de eficaz para tratar uma série de problemas, mesmo as aplicações mais sofisticadas das abordagens clássicas e neoclássicas se mostram limitadas para lidar com alguns problemas importantes, vivenciados pelas organizações, principalmente que envolvem a inventividade e relações complexas. Diante desta perspectiva, as abordagens evolucionárias, também denominadas de neoschumpeterianas, se apresentam como uma alternativa para tratar tais problemáticas.

Estas abordagens que vêm sendo trabalhadas pela economia desde o início do século XX, foram, em grande parte, baseadas na ecologia das populações e no darwinismo e deram origem a uma ampla gama de tratativas acerca do pensamento estratégico. Diferente das perspectivas clássicas e neoclássicas, os neoschumpeterianos passaram décadas procurando deslocar o foco que os neoclássicos davam ao indivíduo, em direção a uma abordagem agregadora, tendo por base analogias entre o universo social e os fenômenos estudados pelas ciências da vida (Possas, 2008).

Uma característica central dessa contribuição é a articulação, [...] bastante bem dosada, entre elementos extraídos – em princípio, por analogia – da biologia evolucionária e uma forte presença de ingredientes de teoria econômica que os autores denominam não ortodoxos (não neoclássicos), pelo abandono deliberado dos pressupostos tradicionais de maximização e de equilíbrio, em benefício de comportamentos e estratégias mais realistas sob incerteza e racionalidade limitada [...], gerando trajetórias em aberto e normalmente fora do equilíbrio. (Possas, 2008, p. 281)

Apesar desta lógica trazer grandes contribuições para o pensamento administrativo, especialmente para a área da estratégia, a intencionalidade humana não pode ser descrita apenas por princípios Darwinistas. No contexto social, a fonte

de variação é a deliberação consciente dos agentes que amplia a complexidade do processo de evolução histórica do ambiente socioeconômico. “Tanto inovações quanto adaptação, geradoras de variação, resultam de processos cognitivos que, por sua vez, envolvem imaginação, planejamento estratégico e aprendizado.” (Possas, 2008, p. 285) Neste cenário, a replicação e a variação genética, princípios da descrição da evolução natural, se mostram conceitos limitados, que não sobrevivem no ambiente socioeconômico, sem carregar certo grau de racionalidade e intencionalidade dos agentes, conforme previam os pensadores neoclássicos.

Tal dificuldade seria esperada, dado que os sistemas socioeconômicos se tratam de entidades de ordem superior àquelas descritas por Darwin (2009). Portanto, conforme apregoa a teoria geral dos sistemas, podem carregar características emergentes próprias (Bunge, 1987; Capra, 1983).

Mas talvez a mais importante contribuição da abordagem evolucionária da economia neoschumpeteriana, e que a difere das abordagens neoclássicas, é a ideia de que as capacidades e as bases de conhecimento dos agentes são incompletas, o que leva a um comportamento heterogêneo dos mesmos. Esta incompletude e heterogeneidade são fontes de aprendizado e levam a emergência de inovações que, por sua vez, produzem um comportamento coletivo verdadeiramente dinâmico e irreversível dentro do tempo histórico, diferente das clássicas abordagens embasadas na ideia do equilíbrio. Neste contexto surge uma mudança radical em relação aos modelos neoclássicos, ao encarar os agentes como imperfeitos e inserir as incertezas no estudo do pensamento econômico (Pyka & Grebel, 2006).

Devido às dificuldades na aplicação deste tipo de racionalidade complexa, de base ecológica, até hoje a lógica profunda da estratégia “[...] baseia-se em pressupostos deterministas de causa e efeito [...]”, onde o equilíbrio dinâmico é aceito “[...] como base razoável para a formulação das ações executivas.” (Pascale, 2002, p. 112) Esta percepção de que o mundo é linear e previsível, ainda se trata de uma visão dominante no pensamento estratégico, onde o sucesso das escolas prescritivas de gestão enraizou uma racionalidade baseada na fragmentação, na previsão de cenários e no controle metodicamente programado das organizações (Mintzberg et al., 1998).

No cenário em pauta, mesmo com a contribuição de alguns neoclássicos, como Walras (1926), dos neoschumpeterianos e de alguns pensadores empenhados nas aplicações organizacionais da psicologia cognitiva, uma visão econômica do problema estratégico, capaz de conciliar o indivíduo e suas relações, ainda se faz necessária, para possibilitar o surgimento de ferramentais estratégicos amplos o suficiente para lidar com a complexidade do ambiente contemporâneo.

4 O PROBLEMA ESTRATÉGICO: DA PARTE AO TODO

Conforme visto anteriormente, o problema estratégico é um amplo quebra-cabeça, cujas propriedades emergem a partir do comportamento social e de complexas relações micro e macroeconômicas. Neste sentido, Castlefranchi, Miceli e Cesta (1992), lembram que as interações humanas podem ser previstas, desde que compreendidas com base em princípios e condições, onde agentes autônomos criam relações de interdependência de objetivos, que criam novas interdependências em um padrão complexo, que envolve tanto dependência social, como dependência não social.

Terra (2010) e Terra e Passador (2014) tomaram por base uma compreensão do problema similar àquela adotada por Castlefranchi et al. (1992) e, por meio de uma abordagem metodológica e epistemológica, estruturada nos princípios da complexidade e da teoria geral dos sistemas, criaram uma hipótese acerca da descrição dos elementos fundamentais da complexa dinâmica que envolve o problema estratégico. A formulação da “Dinâmica Simbiótica”, proposta pelos autores, leva em conta que a dinâmica socioeconômica é regida por uma complexa rede de relações, constituídas por múltiplos agentes e subsistemas que, quando integrados, se constituem em um subsistema do sistema planetário.

A base desta descrição pode ser vista na figura 8. Nela:

[...] os seres humanos estão representados pelos hexágonos em preto, cujas relações – dadas na mesma cor – se dão por meio da comunicação e de trocas materiais. Os círculos azuis representam a estrutura física das organizações, que se relacionam diretamente com os humanos que as compõem – representados dentro dos respectivos círculos fronteirios. Estas organizações – formadas pelas relações entre humanos e estrutura – se relacionam entre si e com outros humanos e entidades análogas, formando o ambiente econômico. Já as setas vermelhas correspondem às trocas realizadas entre a organização, os seres humanos e o sistema planetário – que contempla energia, elementos orgânicos e inorgânicos. (Terra, 2010, p. 109)

Figura 8: Esboço da essência primeira do problema estratégico.

Fonte: Terra (2010, p. 110)

Fundamentados neste constructo Terra e Passador (2014) propuseram, então, que o problema estratégico abrangeria doze variáveis fundamentais que podem ser vistas no quadro 9.

Quadro 9: Variáveis do problema estratégico, segundo a abordagem da dinâmica simbiótica

Variáveis do problema estratégico

1. Características dos componentes do sistema, tomados individualmente;
2. Características dos acoplamentos internos do sociossistema da organização;
3. Características dos acoplamentos internos tecnossistema da organização;
4. Características dos acoplamentos internos do sistema socioeconômico;
5. Características dos acoplamentos internos do ecossistema;
6. Características dos acoplamento entre os sociossistemas e os tecnossistemas da organização;
7. Características dos acoplamento entre os sociossistemas da organização e o sistema socioeconômico;
8. Características dos acoplamento entre os tecnossistemas da organização e o sistema socioeconômico;
9. Características dos acoplamento entre os sociossistemas da organização e o ecossistema;
10. Características dos acoplamento entre os tecnossistemas da organização e o ecossistema;
11. Características dos acoplamento entre o ecossistema e o sistema socioeconômico;
12. Características dos acoplamento entre o ecossistema e o restante do universo.

Fonte: Terra e Passador (2014, p. 25)

Contudo, “no caso de sistemas complexos, o problema a ser caracterizado é composto de subsistemas, componentes do subsistema, interações e relações organizacionais.”³⁷ (Jennings, 2001, p. 38) Neste sentido, Castlefranchi et al. (1992), ressalta que todo este processo emerge em dois níveis de ação. De um lado os agentes individuais, no caso as pessoas, se adaptam ao ambiente interno das organizações, ao mesmo tempo em que buscam uma adaptação ao ambiente externo. Por outro lado, as próprias organizações, por meio de suas mentes coletivas, também agem reativamente ao ambiente. Terra (2010) contemplou, em sua proposta, o papel dos agentes individuais na dinâmica das organizações sociais e a dinâmica da mente organizacional, mas não fez nenhuma proposição acerca da dinâmica interna dos agentes individuais.

Como na visão sistêmica a análise deve focar nas relações, que vão do plano dos menores fragmentos ao plano da totalidade, em um ciclo contínuo de apreensão do conhecimento (Bertalanffy, 2009; Capra, 2006), então, para validar as hipóteses de Terra (2010) e Terra e Passador (2014), também é preciso explorar o processo interno dos agentes, dos quais emergem as ações organizacionais. Neste sentido, Terra (2010) propõe que os trabalhos de Mintzberg e Lampel (1999) e Mintzberg et al. (1998) acerca do processo estratégico, poderiam indicar como emergem tais comportamentos.

Na concepção de Mintzberg et al. (1998) e Mintzberg e Lampel (1999), o processo estratégico emerge de acordo com os pressupostos de dez escolas de pensamento cujos princípios podem ser vistos no quadro 10. Para os autores, cada uma destas escolas descreve importantes componentes do processo estratégico que não podem ser negligenciados.

Ao integrar as dez escolas de pensamento que encontraram, Mintzberg e Lampel (1999) identificaram que o centro do impulso motivador das ações individuais é descrito por aquela que foi denominada de escola Cognitiva. A escola do posicionamento descreve os aspectos analíticos do processo e como deve se dar a apreensão da realidade externa. As escolas do Planejamento, *Design* e Empreendedora descrevem o processo para delinear o futuro pretendido. As escolas

³⁷ Do inglês: “In the case of complex systems, the problem to be characterized consists of subsystems, subsystem components, interactions and organizational relationships.”

Ambiental, Cultural, do Aprendizado e do Poder, abordam as implicações de processos externo sobre a cognição dos tomadores de decisão, ou descrevendo detalhes de como a estratégia emerge. Por fim a escola da configuração abrange todo o processo com foco na estrutura e fora dela (Mintzberg et al., 1998; Mintzberg & Lampel, 1999) – ver figura 9.

Quadro 10: Principais aspectos das dez escolas de pensamento estratégico,

Escola	Estratégia	Processo básico	Mudança	Agente central
Design	Perspectiva planejada, única	Cerebral, simples, deliberado e informal	Ocasional em saltos	Executivo Principal
Planejamento	Planos decompostos	Formal, decomposto, deliberado	Periódica, incremental	Planejadores
Posicionamento	Posições genéricas planejadas	Análítico, deliberado	Pequenas e frequentes	Analistas
Empreendedora	Perspectiva pessoal única	Visionário, intuitivo e deliberado	Oportunista e revolucionária	Líder
Cognitiva	Perspectiva mental	Mental, emergente	Enfrenta resistência mental	Mente do estrategista
Aprendizado	Padrão, única	Emergente, informal, confuso	Contínua, incremental e ocasional em saltos	Aqueles dispostos a aprender
Poder	Padrão e posição política	Agressivo, emergente e deliberado	Pequenas e frequentes	Pessoas com poder e organização
Cultural	Perspectiva coletiva única	Ideológico, forçado, coletivo, deliberado	Enfrenta resistência ideológica	Coletividade
Ambiental	Posições específicas	Passivo, imposto, emergente	Raras, em saltos e graduais	Ambiente
Configuração	Posição, Perspectiva, plano e padrão	Interativo, baseado em todos os anteriores	Ocasional, revolucionária e, em alguns casos, incremental	Todos os anteriores

Fonte: Mintzberg et al. (1998, pp. 356-357)

Portanto, para Mintzberg e Lampel (1999) e Mintzberg et al. (1998, pp. 372-373) a estratégia, como ação, surge de um amplo processo arbitrário que abrange:

[...] uma visão intuitiva e um aprendizado intuitivo; ela abarca transformação e também perpetuação; envolve cognição individual e interação social, cooperação e também conflito; ela precisa incluir análise antes e

programação depois, bem como negociação durante; e tudo isso em resposta àquele que pode ser um ambiente exigente.³⁸

Figura 9: A formação da estratégia como um único processo

Fonte: Mintzberg e Lampel (1999, p. 27)

A maior parte do processo descrito pelos autores se refere às propriedades emergentes do processo de interação social das organizações, fatores descritos por Terra (2010) e Terra e Passador (2014), por meio de uma abordagem baseada nos princípios da complexidade. Neste sentido, o trabalho dos autores se mostra bastante aderente ao processo estratégico proposto por Mintzberg e Lampel (1999) e Mintzberg et al. (1998). Mas a principal contribuição dos trabalhos de Mintzberg e Lampel (1999) e Mintzberg et al. (1998) para compreensão do problema estratégico, se refere ao centro do processo estratégico, dado pela escola cognitiva.

Para os autores, esta escola representa a “caixa preta” da formulação da estratégia e seus princípios ocupam o centro do processo de formação da mesma. Ou seja, em essência, esta escola trata do que acontece na mente do agente social responsável pela estratégia (Mintzberg et al., 1998), a única parte do problema estratégico que não foi tratada por Terra (2010) e Terra e Passador (2014). Para lidar com a complexidade do ambiente, a escola cognitiva defende que o agente deve construir um amplo repertório de molduras que permitam a ele expandir sua

³⁸ Do inglês: “[...] intuitive visioning, and emergent learning; it is about transformation as well as perpetuation; it must involve individual cognition and social interaction, cooperation as well as conflict; it has to include analyzing before and programming after as well as negotiating during; and all of this must be in response to what can be a demanding environment.”

visão da realidade. Ele precisa se utilizar de suas estruturas mentais para organizar seu conhecimento e processar informações que o levem à melhor tomada de decisão (Mintzberg et al., 1998).

Deste modo, pode-se dizer que o enfoque desta escola encontra-se mais na tentativa de compreender os processos mentais que compõem a formulação estratégica, tanto no âmbito analítico quanto no âmbito subjetivo do processo, propriamente dito (Mintzberg & Lampel, 1999). Em outras palavras, esta concepção se concentra em sondar o que se passa na mente dos agentes estratégicos, pois é destes processos que a estratégia emerge para configurar a dinâmica organizacional (Mintzberg et al., 1998), que quanto acoplada a outros agentes, participa da construção da dinâmica dos sistemas de ordem maior, tomados como totalidade.

4.1 O AGENTE INDIVIDUAL

Conforme visto anteriormente, agente econômico individual, no caso o ser humano, reside no centro de todo o processo estratégico e da dinâmica socioeconômica. Portanto, o ser humano consiste no bloco básico que realiza toda a integração do sistema. No que tange à abordagem da Dinâmica Simbiótica, os princípios sistêmicos que sustentam esta tratativa desviam o foco do estudo do comportamento dos agentes individuais, para relações que estes são capazes de estabelecer e a forma com as quais estabelecem estas relações.

Tomando por base uma abordagem neoschumpeteriana, as ações estratégicas dos agentes, que emergiriam desta condição, seriam meras adaptações, motivadas na busca pela saúde e pela segurança dos indivíduos e de sua prole. Se certo modo, esta abordagem está ligada àquela adotada pela Economia e pela Economia Política. Estas últimas, encaram a essência do problema

da mesma forma que a abordagem ecológica, contudo enfocam as instituições formadas e não os indivíduos (Johnson & Earle, 2000).

Contudo, desde o início do século XX, a psicologia comportamental tem buscado entender o comportamento animal de maneira mais profunda e cientificamente embasada (Baum, 1999; Davidoff, 2001). Os resultados destes estudos mostram que esta abordagem neoschumpeteriana parece correta, mas encontra-se incompleta por não contemplar o impacto transformador do meio social.

No campo do conhecimento, a inteligência e as trocas cognitivas parecem ser fruto da necessidade de coordenação individual e coletiva, porque ações, mesmo coletivas, são executadas por indivíduos. Deste modo, pode-se dizer que os conteúdos gerais do pensamento são fruto de regulação social, como ocorre nos sistemas vivos. “[...] Do ponto de vista lógico estas regulações superiores não dependem menos das condições de toda coordenação geral das ações e vai assim ao encontro do mesmo fundo biológico comum.” (Piaget, 1996, p. 407)

4.1.1 A abordagem *behaviorista* do comportamento

Os movimentos iniciais, no sentido de compreender o comportamento humano e animal, a partir de uma abordagem científica, se deram com o behaviorismo. Esta linha de pensamento se trata de uma abordagem científica da psicologia no sentido estrito, que transcende o funcionalismo e “considera todo conceito de consciência como sendo inútil e incorreto, não sendo outra coisa senão sobrevivência da superstição medieval a respeito da alma.” (Heidbreder, 1981, p. 207)

Sob a influência do behaviorismo, a psicologia norte americana fortaleceu o seu hábito de encarar os processos psicológicos em relação ao seu ambiente biológico, e tornou-se cada vez mais consciente da importância de estudar o organismo como um todo. (Heidbreder, 1981, p. 248)

O problema a que behaviorismo se dirige é determinar quais estímulos que geram cada resposta. Para tal, esta perspectiva identifica o ser humano, assim como

os animais, como um tipo particular de máquina que responde a estímulos ambientais (Heidbreder, 1981). Os estudos dos fenômenos a partir do reconhecimento dos mesmos como análogos às máquinas é algo antigo no pensamento científico (Capra, 1983). Ashby (1970) ressalta que mesmo na perspectiva da cibernética – que permeia todo o conhecimento complexo –, as máquinas são tratadas como todo e qualquer dispositivo dinâmico o que, em última instância, contemplaria todos os sistemas dinâmicos estudados pela complexidade, independente de sua natureza. Deste modo, o estudo do comportamento humano, como tratado pelos behavioristas, faz sentido sob a ótica da complexidade, desde que este estudo leve em conta as características particulares deste tipo de sistema.

Por princípio, o behaviorismo clássico considera que não há diferenças entre os mecanismos de aquisição de conceitos de humanos e animais. O que muda entre estes é a complexidade do ambiente a que seriam submetidos. Baseados nesta aceção, pesquisadores desta área foram bem sucedidos ao ensinar o conceito de triângulo a ratos brancos o que levou à crença que um rato branco seria capaz de aprender trigonometria se fosse submetido às contingências apropriadas (Pozo, 1998).

Uma vez que os primeiros movimentos do behaviorismo se inspiraram no estudo do comportamento animal, foi natural que estas pesquisas fossem remetidas aos conceitos da seleção natural (Baum, 1999; Davidoff, 2001). De acordo com a abordagem Darwinista, a evolução se dá pela seleção dos indivíduos mais aptos. Quanto maior a aptidão física maior a tendência de um determinado genótipo predominar (Darwin, 2009).

Assim como traços físicos, os reflexos e padrões fixos de ação, são reações hereditárias, cuja disponibilidade imediata aumenta a aptidão dos indivíduos (Baum, 1999; Darwin, 2009). Os reflexos são traços comportamentais básicos, característicos de uma espécie – como excitação sexual, respostas automáticas a estímulos irritantes etc. Já os padrões fixos de respostas também são característicos, mas são comportamentos mais elaborados do que os reflexos (Baum, 1999).

Nas abordagens behavioristas clássicas, a intenção do agente se dá por meio de seleção de consequências e da criatividade, onde os conceitos se formam por

meio do reforço a partir de estimuladores comuns que são associados de maneira positiva (Baum, 1999; Pozo, 1998). Portanto, dentro da perspectiva behaviorista “[...] todas as unidades maiores do comportamento [são] integrações das associações estímulo-resposta [...]” (Heidbreder, 1981, p. 217)

Isso vale, inclusive, para as intenções que falam de futuro. Segundo esta abordagem, estas são oriundas de reforços passados que condicionam o indivíduo e o permitem fazer predições de prováveis reforços que receberão (Baum, 1999). Este conceito também pode ser expandido para as emoções que seriam frutos de três categorias de respostas emocionais básicas: medo; raiva e; amor que, por sua vez, se tratam de respostas de origem fisiológica (Heidbreder, 1981).

Portanto, para os behavioristas a origem das diferenças no comportamento estaria ligada à sensibilidade do indivíduo aos reforçadores e punidores que, por sua vez, estaria ligada à história evolutiva. Neste contexto, há três fatores biológicos ligados à sensibilidade que o indivíduo possui a reforçadores e punidores. O primeiro é que nenhum reforçador funciona o tempo todo, por mais poderoso que seja o reforçador ele sofre saturação. Segundo que alguns reforçadores demonstram ser mais fáceis de serem entendidos rapidamente como tal do que outros e, por fim a própria base fisiológica torna certos tipos de aprendizado improváveis. Portanto, “Como resultado de nossa fisiologia, algumas habilidades serão aprendidas com grande facilidade, enquanto que outras, mesmo que sejam muito importantes para nossa vida atual, serão mais difíceis de aprender.” (Baum, 1999, p. 81).

Diante desta concepção a seleção natural pode garantir dois tipos de resultado:

[...] Primeiro pode assegurar que eventos importantes para aptidão, tais como alimento, um parceiro sexual ou um predador, produzam invariavelmente reações comportamentais, tanto reflexos simples quanto padrões fixos de ação. Segundo pode assegurar a susceptibilidade da espécie ao condicionamento respondente. (Baum, 1999, p. 75)

Nos seres humanos, os reflexos ocorrem com frequência, mas os padrões fixos de resposta são menos comuns por serem bastante modificados pelo aprendizado. Portanto, a forma mais simples de aprendizado é o condicionamento respondente. Este tipo de aprendizado se dá por meio do relacionamento de um estímulo e estímulo posterior (Baum, 1999). De acordo com Davidoff (2001) este

processo se dá por meio dos reflexos simples que guiam o indivíduo em direção à obtenção de alívio.

Já as alterações de comportamento que se dão por conta de comportamentos futuros, seriam fruto de condicionamento operante (Baum, 1999; Bergamini, 2006; Davidoff, 2001). O condicionamento operante pode se basear em reforço positivo e reforço negativo. O primeiro, quando ocorre leva ao aumento da frequência do comportamento, enquanto o segundo leva à redução da mesma (Bergamini, 2006).

Sempre que há um reforço, há um aumento na tendência do comportamento, já a punição ocorre o inverso. Por outro lado, sempre que a relação ação-consequência é positiva é porque há uma maior probabilidade de que a ação leve a um reforçador ou o punidor, enquanto uma ação-consequência negativa significa que a ação torna menos provável a consequência – ver quadro 11. Na vida cotidiana o agente deverá encontrar situações que geram ambos os tipos de reforços, simultaneamente. “Qual desses conjuntos de relações prevalecerá depende da força de cada uma delas, o que por sua vez depende tanto das circunstâncias presentes quanto da história pessoal de reforço e punição (Baum, 1999, p. 79).

Quadro 11: Quatro tipos de relação que dão origem à aprendizagem operante

Relação Ação-consequência:	Consequência	
	Reforçador	Punidor
<i>Positiva</i>	Reforço positivo	Punição positiva
<i>Negativa</i>	Reforço negativo	Punição negativa

Fonte: Baum (1999, p. 77)

Contudo, alguns autores behavioristas propuseram que a aquisição de conceitos em seres humanos iria além das propostas envolvendo o condicionamento, pois exigiriam a mediação verbal. Neste contexto, “[...] o significado dos conceitos não estaria baseado, de maneira geral, em elementos estimuladores comuns às instâncias do conceito, mas que tais elementos lembrariam uma resposta mediadora [...]” (Pozo, 1998, p. 70). Em essência, esta abordagem tem uma postura cognitiva, mas continua baseada nos princípios associacionistas do behaviorismo (Pozo, 1998).

Outra contribuição dos behavioristas é aquela que se baseia na seleção de hipóteses. Nela o indivíduo aprende ao comprovar hipóteses de maneira sucessiva por meio de algumas estratégias. Na estratégia total o indivíduo adota como base os atributos do primeiro caso positivo e elimina destes, resultados ausentes em outros resultados positivos. Na estratégia parcial ele adota alguns valores do primeiro caso positivo e os mantém até que surjam casos que a falseiem, neste caso ele substitui esta hipótese por outra compatível com casos passados. Na estratégia de enfoque o indivíduo de foca no primeiro caso positivo e utiliza estímulos para ir eliminando atributos. Na estratégia de exame o sujeito toma como referência alguns aspectos do primeiro caso positivo e faz exames simultâneos ou sucessivos de todas as hipóteses possíveis (Pozo, 1998). O quadro 12 aborda as concordâncias acerca desta abordagem.

Quadro 12: Concordâncias da abordagem de seleção de hipóteses

- a) o sujeito dispõe de um banco de hipóteses potenciais no começo do processo de resolução do problema;
- b) em cada ensaio a pessoa escolhe uma ou mais hipóteses dentre as disponíveis e responde a partir dessa base;
- c) se a hipótese escolhida leva a uma classificação correta do estímulo, ela é mantida; mas, se rejeitada, é substituída por outra ou outras do conjunto.

Fonte: Pozo (1998, p. 75)

Apesar de rica e também ser rigorosamente embasada, esta última abordagem pressupõe que o ser humano formula seu conhecimento acerca da realidade de maneira lógica. Contudo os estudos recentes da psicologia mostram que o conhecimento humano é construído de maneira mais complexa e este tipo de construção lógica é apenas uma parcela do todo (Pozo, 1998).

4.1.2 Motivação e cognição

A psicologia cognitiva é herdeira do behaviorismo, em termos de busca pelo rigor científico, mas diferente do mesmo, pois o enfoque não se dá no

comportamento, mas nos processos mentais que regem determinado comportamento (Davidoff, 2001; Pozo, 1998). Neste contexto:

o estudo da motivação abrange [...] aquelas tentativas de conhecer como o comportamento é iniciado, persiste e termina. Isso implica conhecer aqueles tipos de escolhas que são feitas, uma vez que tais escolhas seguem a orientação proposta pela individualidade de cada um. (Bergamini, 2006, p. 30)

Para Bergamini (2006), o behaviorismo é uma poderosa abordagem para o entendimento da motivação, mas seus pressupostos não se constituem na única base da mesma. Isso porque a motivação não tem origem em na mesma gama de variáveis ambientais, ela precisa levar em consideração as características pessoais que são originadas desde cedo, a partir de diferenças genéticas às quais se agrega um conjunto de experiências posteriores, o que cria uma identidade para um determinado indivíduo. Estas diferenças criam uma gama de expectativas diferentes que irão influenciar todo o comportamento de escolha dos indivíduos. Em essência, pode-se dizer que esta abordagem remete à afirmação de Johnson e Earle (2000, p. 21) para quem “a natureza humana é distinguida por sua flexibilidade a diferentes necessidades.”³⁹

Maslow (1970) concorda com tal abordagem e defende que os desejos que temos no dia a dia, normalmente são os desejos por meios de obtermos aquilo que realmente necessitamos. Neste sentido o autor argumenta que para entender o comportamento é preciso entender os fins mais fundamentais que movem o ser humano em direção a um determinado comportamento de escolha. A motivação, portanto, carrega um forte componente inconsciente, onde o fim em si mesmo só pode ser encontrado quando não são necessárias mais nenhuma justificativa ou demonstração para sustentar a existência de uma determinada motivação.

Conforme ressaltam Bergamini (2006), Maslow (1970) e Davidoff (2001), as necessidades são os motivos que colocam os indivíduos em busca de certos fins. Quando se chega ao desejo fundamental, ou às necessidades, os fatores sociais e culturais perdem o sentido. Diferentes culturas podem oferecer meios diferentes para se atender a uma determinada necessidade, mas aqueles desejos fundamentais são

³⁹ Do inglês: “Human nature is distinguished by its malleability to different necessities.”

universais e sustentam toda uma gama de possibilidades sociais para atender a estes desejos (Maslow, 1970).

As diferentes necessidades que coexistem no interior de cada um são comparadas àquilo que também se denomina de desejos ou expectativas e têm como origem carências dos mais diferentes tipos, tanto no que tange ao componente físico, como ao psíquico da personalidade. (Bergamini, 2006, p. 31)

Desse modo, as “necessidades descrevem exigências humanas básicas” que se convertem em desejos que visam levar o indivíduo a saná-las (Kotler, 2000, p. 33). Portanto, elas “[...] são exatamente aquilo que a própria palavra parece conotar: deficiência. Elas podem estar baseadas em exigências corporais específicas, na aprendizagem ou em alguma combinação de ambas.” (Davidoff, 2001, p. 325)

Existem duas abordagens distintas do conceito de necessidade. A primeira consiste na abordagem da psicologia experimental que relaciona as necessidades básicas do indivíduo ao ambiente. Para esta abordagem a ação e o próprio aprendizado, são guiados por um conjunto de necessidades fisiológicas inatas, que precisam ser atendidas para manter a saúde dos indivíduos. A segunda entende que “[...] as necessidades representam uma série de motivos relevantes, cuja busca pode ou não conduzir ao funcionamento ótimo: motivos que refletem os valores sociais do ambiente e a dinâmica de sua transmissão.”⁴⁰ (Deci & Ryan, 2000, p. 228)

Aquelas motivações que surgem para satisfazer necessidades básicas, relacionadas à sobrevivência, são normalmente chamadas de impulsos (Davidoff, 2001). Estas motivações de base fisiológicas se referem às necessidades orgânicas como fome, sede, sexo etc. Mas as emoções também podem ser encaradas como impulsos, cuja origem remete a um distúrbio fisiológico (Garrett, 1977). Para Piaget (1996, p. 393) “O instinto está sempre ao serviço das três necessidades fundamentais, nutrição, proteção contra o inimigo e reprodução.” Estes estão relacionados com a sobrevivência da espécie e, portanto, são indispensáveis ao indivíduo.

As necessidades fisiológicas são as mais fortes, por serem necessárias à sobrevivência elas se sobressaem a qualquer outra necessidade e precisam ser

⁴⁰ Do inglês: “[...] needs represent an array of salient motives whose pursuit may or may not conduce to optimal functioning: motives that reflect ambient social values and the dynamics of their transmission.”

satisfeitas dentro do grau necessário para estabilizar o indivíduo, antes que outras necessidades possam emergir (Davidoff, 2001; Garrett, 1977; Maslow, 1970). Contudo, não é necessário que se espere um desequilíbrio para que o indivíduo cuide de uma necessidade básica. O prazer obtido quando se satisfaz uma necessidade básica também se apresenta como um estímulo para que o indivíduo cuide das deficiências corporais (Davidoff, 2001; L. W. Porter, Bigley & Steers, 2003). Já as motivações sociais normalmente se referem a um desejo de autoafirmação, de domínio sobre os demais. Muito deste poderoso motivador de comportamento emerge de uma tentativa prévia de combater possíveis iniciativas restritivas que possam vir a ser empreendidas por outros agentes (Garrett, 1977).

Portanto, pode-se dizer que as necessidades são fatores direcionadores de motivações e desejos que atuam continuamente sobre o indivíduo e não podem ser tratadas de maneira isolada. A imagem de um grupo de necessidades é uma imagem onde estas são hierarquizadas, não pela importância e sim pelo que compõem em termos comportamentais (Maslow, 1970). Neste contexto, Maslow (1970) propôs uma teoria onde as necessidades são universais e podem ser hierarquizadas. Apesar do pouco apoio empírico, as teorias de Abraham Maslow tiveram aceitação irrestrita, desde sua divulgação (Bergamini, 2006, p. 71).

Maslow (1970) identificou e hierarquizou cinco necessidades básicas que, segundo o mesmo, abrangem todos os motivos do comportamento humano. São elas: Necessidades fisiológicas, que estão ligadas a sobrevivência; Necessidades de segurança, que estão ligadas a busca de um ambiente estável e pouco ameaçador; Necessidades sociais, que são voltadas a aceitação e interação em um grupo; Necessidades de estima, que são focadas na imagem que o indivíduo tem de si mesmo e; Necessidades de autorrealização que é focada em permitir ao indivíduo se realizar em si mesmo, mantendo sua identidade dentro do grupo e expressando toda a sua potencialidade.

Apesar de ter originalmente hierarquizado as necessidades, Maslow (1970) ressalta que esta hierarquia pode se inverter em função das circunstâncias. Tal opinião é compartilhada por Watterlond (1983) que, ao estudar a cultura do povo do espírito santo, verificou que muitas destas pessoas se colocavam em situação de risco elevado em nome de seus testes de fé, contrariando a lógica clássica de que

as necessidades fisiológicas estariam sempre em primeiro lugar. Conforme lembra Davidoff (2001), este tipo de motivação social tem origem cognitiva e se refere à necessidade do indivíduo de se sentir único.

Estas motivações sociais visam “satisfazer necessidades de afiliação (e de se sentir amado, aceito, aprovado e estimado) e de realização.” (Davidoff, 2001, p. 354) A motivação de realização tem origem na busca do indivíduo por realizar tarefas bem sucedidas e grandiosas. Neste contexto, o agente se baseia no passado para determinar suas expectativas de sucesso e fracasso. As memórias podem incentivar a motivação de realização em diferentes intensidades, como também podem despertar ansiedades relacionadas com o fracasso e/ou sucesso (Davidoff, 2001), o que remete a uma abordagem behaviorista.

Nota-se nesta abordagem que Maslow (1970) usa o termo necessidade de maneira similar àquele que as teorias motivacionais adotam como motivo. O “motivo, ou motivação, refere-se a um estado interno que pode resultar de uma necessidade. É descrito como ativador, ou despertador, de comportamento geralmente dirigido para a satisfação da necessidade instigadora.” (Davidoff, 2001, p. 325) Contudo, “no caso dos motivos sociais os psicólogos não conseguem distinguir motivos e necessidades, sendo os dois constructos usados de forma intercambiável.” (Davidoff, 2001, p. 354)

Alguns psicólogos argumentam que estes motivos sociais também podem ter origem inata e ajudam “[...] a satisfazer necessidades de estimulação subjacentes em nossa fisiologia.” (Davidoff, 2001, p. 355) Enquanto outros adotam uma perspectiva respondente, na qual o indivíduo relaciona o alívio obtido pelas relações sociais com gratificações que, por generalização, se tornam atraentes em outras pessoas. (Davidoff, 2001).

Hoje se aceita a ideia que não há um nível de satisfação plena de necessidades. Entende-se que os animais, inclusive o ser humano, buscam ativamente à estimulação (Davidoff, 2001).

Quando um desejo é satisfeito, outro aparece para tomar seu lugar. Quando este é satisfeito, outro ainda vem para o primeiro plano, etc. É uma

característica do ser humano ao longo de toda sua vida, que praticamente sempre ele está desejando algo.⁴¹ (Maslow, 1970, p. 24)

Desse modo, pode-se dizer que “as pessoas permanecem como ‘animais carentes’ durante a vida toda. Quando um grupo de necessidades é atendido, um novo grupo toma seu lugar.” (Davidoff, 2001, p. 327) Baseado nesta percepção L. W. Porter et al. (2003) ressaltam que a privação prolongada de uma determinada necessidade pode levar ao surgimento de uma fixação nesta necessidade. Mas tanto a falta quanto o excesso de estímulos, podem ser prejudiciais aos indivíduos, gerando significativas desordens psicológicas. Diante disso, os organismos tendem a moderar a carga de estímulos que recebem para manterem-se dentro de uma faixa aceitável (Zentall & Zentall, 1983).

Com base nesta percepção, pode-se dizer que as motivações podem concorrer umas com as outras, o que pode levar à indecisão. Neste caso, várias estratégias emergem, o agente pode buscar a acomodação, ou conciliação entre os motivos, ou se utilizar razão para elencar os prós e contras de cada ação (Garrett, 1977).

Apesar do conceito de necessidade ter sido amplamente empregado na psicologia empírica, para explicar as bases que direcionam a ação dos indivíduos, a partir da década de 1960 observou-se uma mudança na psicologia cognitiva, no sentido de explicar a motivação por meio de metas. Contudo, Deci e Ryan (2000) argumentam que o conceito de necessidade não pode ser negligenciado, já que este é essencial para compreender “o que” e o “porquê” de uma meta ser perseguida. Neste contexto, Davidoff (2001) e Pérez-Ramos e Pérez-Ramos (2004) argumentam que, embora a abordagem de Maslow (1970) seja classificada como humanista, certas características desta linha permitem ligá-la às ideias da psicologia cognitiva contemporânea.

Diante desta realidade, “o caráter motivacional do psiquismo humano abrange [...] os diferentes aspectos que são inerentes ao processo, por meio do qual o comportamento das pessoas pode ser ativado.” (Bergamini, 2006, p. 31)

⁴¹ Do inglês: “As one desire is satisfied, another pops up to take its place. When this is satisfied, still another comes into the foreground, etc. It is a characteristic of the human being throughout his whole life that he is practically always desiring something.”

A motivação cobre grande variedade de formas comportamentais. A diversidade de interesses percebida entre os indivíduos permite aceitar, de forma razoavelmente clara, que as pessoas não fazem as mesmas coisas pelas mesmas razões. É dentro dessa diversidade que se encontra a principal fonte de informações a respeito do comportamento motivacional [...]. (Bergamini, 2006, p. 26)

Diante de tais perspectivas emergem dois modelos mais comumente usados para descrever a motivação, o de incentivos – ver figura 10 – e o homeostático – ver figura 11 (Davidoff, 2001). No modelo de incentivos são os “[...] objetos, eventos ou condições que incitam a ação.” Sob tal ótica a motivação emerge a partir de impulsos externos e do aprendizado prévio (Davidoff, 2001, p. 326)

Figura 10: Modelo de incentivo da motivação

Fonte: Davidoff (2001, p. 327)

Tal abordagem pode ser vista nos trabalhos de Vroom (1964). Para o autor, o indivíduo analisa a possibilidade de chegar ao resultado esperado e se estes resultados possuem valor para os mesmos. O valor leva em conta a importância e a desejabilidade que o indivíduo atribui ao resultado que se pretende alcançar. A estimativa da possibilidade vem da experiência, onde o agente avalia suas ações para estimar se o resultado poderá ser alcançado e, se alcançado, manterá condições para que futuros objetivos sejam alcançados. Para L. W. Porter et al. (2003) são exatamente os valores contidos nas mentes dos agentes é que são os geradores de motivação e estes valores são carregados a partir do conhecimento acumulado pelo indivíduo.

Schwartz (1994, p. 21) “[...] define valores como metas trans-situacionais desejáveis que variam em importância e servem como princípios orientadores na

vida de uma pessoa ou outra entidade social⁴².” Contudo, esta abordagem apresenta uma dificuldade. De acordo com não há uma estrutura universal para os valores e conhecimento humano, apesar de alguns valores serem compartilhados na maior parte das sociedades humanas – Ver quadro 13.

Quadro 13: Tipos motivacionais de valores.

Definição	Exemplo de valores	Fontes
Poder: status social e prestígio, controle ou dominação sobre pessoas ou recursos.	Poder social, autoridade riqueza.	Interação Grupo
Realização: sucesso pessoal por meio da demonstração de competência em relação a padrões sociais.	Sucesso, capacidade, ambição.	Interação Grupo
Hedonismo: prazer e gratificação sexual de si mesmo.	Prazer, curtir a vida.	Organismo
Estimulação: excitação, novidade, desafio de vida	Ousadia, vida variada, vida excitante.	Organismo
Auto-direcionamento: liberdade de pensamento e ação – escolher, criar, explorar.	Criatividade, curiosidade, liberdade.	Organismo Interação
Universalismo: compreensão, apreciação, tolerância e proteção do bem-estar de todas as pessoas e da natureza.	Tolerância, justiça social, igualdade, proteção do meio ambiente.	Grupo Organismo
Benevolência: preservação e melhoria do bem-estar das pessoas com as quais o indivíduo mantém contato pessoal frequente.	Presteza, honestidade, perdão.	Organismo Interação Grupo
Tradição: respeito, comprometimento e aceitação dos padrões e ideias promovidas pela cultura tradicional ou a religião.	Humildade, devoção, aceitação daquilo que lhe é pertinente.	Grupo
Conformidade: limitação das ações, inclinações e impulsos para evitar aborrecer ou incomodar os outros e violar as normas sociais de conduta.	Educação, obediência, honrar os pais e os anciões.	Interação Grupo
Segurança: segurança, harmonia e estabilidade da sociedade, dos relacionamentos e de si mesmo.	Segurança nacional, ordem social, limpeza.	Organismo Interação Grupo

Fonte: Schwartz (1994, p. 22)

Já a abordagem homeostática se mostra mais próxima do contexto da complexidade, já que entende o corpo como um sistema autorregulado que visa manter seus padrões de referência, segundo o mesmo princípio descrito no homeostato de Ashby (1970). Sob esta descrição, as necessidades surgem quando o corpo se afasta de seus padrões de referência, que o leva a buscar novamente seu equilíbrio, dentro de um intervalo determinado – ver figura 11. Este tipo de descritor dos motivos se direciona a um fator gerador interno, que normalmente se liga a impulsos básicos (Davidoff, 2001).

⁴² Do inglês: “[...] define values as desirable trans-situational goals, varying in importance, that serve as guiding principles in the life of a person or other social entity.”

Figura 11: Modelo homeostático de motivação

Fonte: Davidoff (2001, p. 326)

Neste tipo de abordagem:

A existência de carências intrínsecas que são as necessidades não supridas determina um estado de desequilíbrio que, enquanto tal, gera sensações emocionalmente negativas de ameaça à integridade do indivíduo, sendo, portanto, desagradáveis. Quando as pessoas pretendem livrar-se dessa situação negativa de desequilíbrio, associam a tais expectativas a crença antecipada que determinadas ações poderão conduzi-las na direção de estados mais confortáveis pelo fato de serem capazes de restituir o equilíbrio perdido. (Bergamini, 2006, p. 31)

Piaget (1996) parte desta ideia de que a vida é autorregulação para descrever sua abordagem sobre a aquisição de conhecimento. Para o autor esta abordagem foge dos extremos lamarckistas e neodarwinistas clássicos e direciona o conceito de vida em direção a uma abordagem essencialmente baseada no princípio cibernético da autorregulação. Com base neste princípio, o autor formulou uma teoria onde os processos cognoscitivos são, na verdade, um prolongamento da autorregulação orgânica. Deste modo, “os conhecimentos não constituem uma cópia do meio mas um sistema de interações reais, que refletem a organização autorreguladora da vida tanto quanto as próprias coisas.” (Piaget, 1996, p. 39) Portanto:

A realidade vital fundamental não é constituída nem por estruturas intemporais, subtraídas à história ou dominando-a, como seriam as formas equilibradas de organização com condições permanentes, nem pela sucessão histórica de acasos ou de crises, como seria uma série de desequilíbrios sem reequilibrações, mas antes por processos contínuos de autorregulações, que implicam ao mesmo tempo desequilíbrios e um constante dinamismo de equilibração. (Piaget, 1996, p. 392)

Esta abordagem da cognição como um sistema autorregulado também recebe apoio de, Maturana e Varela (1988). Mas os autores vão além, em seus estudos, eles perceberam que a dinâmica do sistema cognitivo humano atua de acordo com princípios da autopoiese naquela que ficou conhecida como teoria de Santiago. Nela, a mente consiste em um processo autorreferente, que se cria conforme a história de interações entre a máquina cognitiva e o meio que a cerca. Neste contexto, a unidade, representada pelo cérebro, não é um requisito para que a mente ocorra, já que qualquer estrutura dissipativa em rede pode possibilitar a formação deste complexo processo. Logo, “[...] a mente se manifesta não apenas em organismos individuais, mas também em sistemas sociais e em ecossistemas.” (Capra, 2006, p. 144)

De certa forma Piaget (1996) também caminha em direção a uma abordagem autopoietica quando reconhece que inicialmente o conhecimento emerge de fins utilitários, mas com o passar do tempo, o sistema busca seu fechamento para delimitar um campo de trocas necessário à conservação de sua autorregulação. A relação da proposta de Piaget (1996) com o fechamento em si mesmo proposto por Maturana e Varela (1997) na formulação dos sistemas autopoieticos fica evidente quando o autor afirma que:

o fechamento do sistema constitui, por este ângulo, um limite constantemente buscado mas jamais atingido. Não é porque as necessidades iniciais de nutrição, proteção e reprodução sejam infinitas, longe disso, mas é que, uma vez inventados diversos comportamentos que servem para a procura dos meios de satisfazer estas necessidades, graças a uma pequena extensão do meio inicial, as regulações cognoscitivas desses comportamentos conduzem, mais cedo ou mais tarde, à extensão limitada do sistema [...]. (Piaget, 1996, pp. 395-396)

Strelau (1982) argumenta que os indivíduos têm intensidades de respostas diferentes aos estímulos (reatividade) do meio que dependem de fatores fisiológicos. O trabalho do autor demonstra que o temperamento tem suas origens nesta base fisiológica que se estrutura nas diferenças entre os limites dos estímulos que os

agentes podem receber. Neste contexto, o temperamento teria base inata, enquanto a personalidade é que teria sua origem a partir nas interações sociais. Esta abordagem está de acordo com pesquisas recentes que apontam que diferentes objetivos levam a comportamentos diferentes (Deci & Ryan, 2000).

Assim, é importante que se reconheça que mecanismos homeostáticos e de incentivo frequentemente se combinam para formar impulsos básicos fazendo com que tanto forças internas – a exemplo de fome, e sexo –, como forças externas – a exemplo de recompensas e punições – controlem a motivação dos indivíduos (Davidoff, 2001).

De acordo com Piaget (1996), quando tratados assuntos como a linguagem e a economia há uma tendência de que estes sejam tratados com caráter mais momentâneo. Mas as teorias cognitivas ou conscientes mostram que a motivação se dá por meio de uma antecipação consciente de prazer futuro. Nestas teorias “[...] a decisão de se engajar numa atividade depende do valor que se atribui àquilo que ela pode oferecer como resultado.” (Bergamini, 2006, p. 63) Neste contexto, “o indivíduo decide-se de maneira racional a despende ou não a sua energia [...]” (Bergamini, 2006, p. 64)

Em comparação com a teoria behaviorista, as teorias cognitivas divergem da primeira, em relação à origem do comportamento. Para a primeira, o comportamento tem origem em estímulos externos, enquanto para os segundos, o comportamento tem origem na mente do agente (Bergamini, 2006). Mas esta abordagem deixa clara que “muitas questões sobre a conduta humana referem-se à motivação.” (Davidoff, 2001, p. 324) “As necessidades orgânicas, as atitudes e os interesses são motivos que instigam o indivíduo à ação e à atividade objetiva, determinando uma forma de comportamento mais correta que outra.” (Garrett, 1977, p. 70)

Para as abordagens cognitivas, “o julgamento e a tomada de decisões são empregados a fim de selecionar entre opções e avaliar oportunidades.” (Sternberg, 2008, p. 409) Oportunidades que, em geral, são exploradas pelos indivíduos para melhorar sua situação (Krugman & Wells, 2011). Esta percepção remete aos conceitos utilitaristas em economia, que apesar de suas limitações, apontadas adiante, se mostram como ferramentas de elevado potencial para descrever as preferências dos agentes, tendo por base tanto motivos sociais, como fisiológicos.

4.1.3 O utilitarismo como mecanismo de escolha racional

Como visto anteriormente, a tomada de decisão dos agentes sociais tem por base uma racionalidade, mesmo que limitada, que visa atender a certas necessidades. Alguns dos mecanismos que regem este comportamento de ação dos agentes já foram ilustrados, mas ainda se faz necessária uma abordagem matemática para o problema. Neste contexto, a abordagem econômica utilitarista, consiste em uma das principais contribuições do pensamento econômico neoclássico, para descrever o comportamento de escolha dos agentes sociais e econômicos (Araújo, 2012; Zamfir & Vîrlan, 2009). Por meio deste conceito, os economistas neoclássicos mudaram o enfoque para abordar a relação entre pessoas e coisas, resolvendo antigos paradoxos da economia clássica (Araújo, 2012).

Na abordagem utilitarista, “a utilidade é o nível de satisfação que uma pessoa obtém ao consumir um bem ou ao exercer uma atividade.” (Pindyck & Rubinfeld, 1999, p. 95) Apesar de seu enfoque tipicamente reducionista, autores como Walras (1926) se utilizam dos modelos matemáticos desta descrição de caráter microeconômico para construir complexas formulações, capazes de descrever o comportamento emergente dos sistemas macroeconômicos (Araújo, 2012).

Para Pindyck e Rubinfeld (1999) os princípios utilitaristas podem ir além aplicações tradicionais, focadas no consumidor, e podem ser usados para expressar os mais variados tipos de preferências, como aquelas relacionadas a escolhas entre atributos e até mesmo escolhas mais profundas, como aquelas relacionadas às atividades e necessidades humanas. Rawls (1999) é um exemplo de autor que aproveita os princípios desta poderosa abordagem para discorrer sobre o conceito de justiça a partir da maximização da utilidade coletiva.

Nesta concepção “[...] o valor passa a estar relacionado com as necessidades das pessoas.” E não mais com o trabalho associado a produção de cada bem, como nas teorias clássicas (Araújo, 2012, p. 79). Em essência, pode-se dizer que esta abordagem econômica nutre forte relação com os princípios da psicologia cognitiva e pode, inclusive ser usada para descrever matematicamente a escolha no âmbito dos fatores motivacionais, como as necessidades humanas descritas por Maslow (1970).

Neste contexto, não há distinção entre a remuneração dos bens de capital e a remuneração das unidades familiares. Ambos estariam sempre buscando maximizar seus recursos (Araújo, 2012). Contudo, há de se ressaltar que um dos principais pressupostos desta abordagem é que ela se baseia na suposição de que os agentes econômicos são, essencialmente racionais (Gary S. Becker, 1962), o que difere, em muitos aspectos, da visão de agente de racionalidade limitada, adotada pela psicologia cognitiva.

Para esta perspectiva um agente econômico racional, precisa ter a capacidade de estabelecer preferências completas e consistentes (Abrantes, 2009). Uma preferência completa ocorre quando, dadas duas cestas de bens (X_1, X_2) e (Y_1, Y_2) , o agente se mostra capaz de preferir estritamente ($>$) ou ser indiferente ($\sim$) a uma delas (Varian, 1999). Já a consistência é descrita por meio do axioma da transitividade. Em uma preferência transitiva, se uma cesta X é ao menos tão boa para um agente, quanto uma Y e esta cesta Y é ao menos tão boa quanto uma cesta Z , então a cesta X também deve ser considerada ao menos tão boa quanto a cesta Z .

A função de utilidade é um modo de atribuir um número a cada possível cesta de consumo, de modo que se atribuam às cestas mais preferidas números maiores que os atribuídos às menos preferidas. Isto é, a cesta (X_1, X_2) será preferida à (Y_1, Y_2) se e somente se a utilidade de (X_1, X_2) for maior que a utilidade de (Y_1, Y_2) : em símbolos, $(X_1, X_2) > (Y_1, Y_2)$ se e somente se $u(X_1, X_2) > u(Y_1, Y_2)$ (Varian, 1999, p. 57).

Cabe ressaltar que o axioma da transitividade nem sempre é representativo da maneira que as pessoas se comportam, as pessoas podem agir de maneira que contraria a lógica pura (Pindyck & Rubinfeld, 1999; Varian, 1999). Contudo, é importante lembrar que a racionalidade é requisito fundamental para representar o comportamento de escolha, tendo por base uma abordagem utilitarista. Isso porque, é impossível representar em uma função utilidade, preferências intransitivas, pois isso implicaria que se $A > B > C > A$ então $u(A) > u(B) > u(C) > u(A)$ (Pindyck & Rubinfeld, 1999; Varian, 1999).

Inicialmente, os economistas neoclássicos acreditavam que a utilidade poderia ser facilmente quantificada em uma função utilidade, o que permitira uma ordenação cardinal das alternativas (Pindyck & Rubinfeld, 1999). O objetivo da utilidade cardinal é quantificar o quanto um agente prefere uma cesta em relação à

outra (Pindyck & Rubinfeld, 1999; Varian, 1999). Como as funções de utilidade tendem a variar de indivíduo para indivíduo, a noção de utilidade cardinal tem sido abandonada, no contexto econômico (Rawls, 1999), dando espaço para aquela que ficou conhecida como utilidade ordinal.

No conceito de utilidade ordinal, a ideia é possibilitar a criação de uma hierarquia de escolha, sem se preocupar com as diferenças que ocorrem entre uma ou outra opção. (Pindyck & Rubinfeld, 1999; Varian, 1999). Diante desta concepção, qualquer grupo de números pode ser associado como utilidade de um bem, desde que seja preservada a ordem de preferência dos agentes. Ou seja, desde que as transformações sejam monotônicas, qualquer grupo de números poderá definir, com acurácia, a ordem de preferência dos agentes (Pindyck & Rubinfeld, 1999; Snyder & Nicholson, 2008). Dentro deste contexto, não faz sentido mensurar o quanto a utilidade de um bem é maior do que a do outro e sim ordenar a preferência dos agentes. Deste modo, quando se adota a abordagem ordinal não é possível comparar a utilidade entre os agentes (Snyder & Nicholson, 2008; Zamfir & Vîrlan, 2009).

Normalmente, ao se adicionar um bem igual a um já adquirido, em uma cesta de consumo, a utilidade total cresce em direção a um limite – ver gráfico 3, a uma taxa de crescimento decrescente – ver gráfico 4 (Pindyck & Rubinfeld, 1999, p. 97; Snyder & Nicholson, 2008). Isso porque, “a medida que um tipo de necessidade é suprida, a atenção do indivíduo volta-se para outros objetivos ou finalidades.” (Bergamini, 2006, p. 33) A Utilidade Marginal (UM) mede esta variação da utilidade de uma cesta, quando esta sofre uma alteração na quantidade de um determinado bem (Pindyck & Rubinfeld, 1999; Varian, 1999).

Esta variação na utilidade ΔU é representada pela expressão:

$$UM_1 = \frac{\Delta U}{\Delta X_1} = \frac{u(X_1 + \Delta X_1, X_2) - u(X_1, X_2)}{\Delta X_1}$$

Desse modo, “[...] para calcular a variação da utilidade relacionada a uma pequena variação no consumo do bem 1, basta apenas multiplicar a variação no consumo pela utilidade marginal do bem.” (Varian, 1999, p. 68) Sendo a utilidade que um indivíduo recebe de um bem dada pela função $U(x)$, então a utilidade

marginal do bem x ($UM(x)$) também pode expressa por $UM(x) = \frac{\partial U}{\partial x}$ (Snyder & Nicholson, 2008).

Gráfico 3: Função utilidade total

Fonte: Araújo (2012, p. 78)

Gráfico 4: Função utilidade marginal

Fonte: Araújo (2012, p. 79)

A Taxa de Marginal de Substituição (TMS) mede o quanto é preciso dar do bem X , para compensar a perda de uma determinada quantidade do bem Y , em um determinado ponto de uma curva de indiferença – ver gráfico 5. Portanto, a taxa marginal de substituição mede o quanto “o consumidor está propenso a substituir um bem por outro” (Varian, 1999, p. 50). Contudo, mesmo com as funções utilidade e utilidade marginal sendo determinadas de maneira arbitrária, a razão destas últimas não é afetada por transformações específicas. Deste modo, a taxa marginal de substituição se apresenta como uma grandeza observável (Varian, 1999).

A taxa marginal de substituição também pode ser calculada a partir da ideia de que a inclinação em um determinado ponto diz respeito às trocas que a pessoa faria voluntariamente em uma curva de indiferença U_1 . Deste modo, sendo a utilidade que um indivíduo recebe de dois bens representada por $U(x, y)$, então a derivada total desta função pode ser expressa por $dU = \frac{\partial U}{\partial x} \cdot dx + \frac{\partial U}{\partial y} \cdot dy$, (Snyder & Nicholson, 2008) Portanto, para qualquer curva de indiferença $dU = 0$, a taxa marginal de substituição (TMS) pode ser representada pela expressão:

$$TMS = \frac{dy}{dx} \Big|_{U=U_1} = \frac{\frac{\partial U}{\partial x}}{\frac{\partial U}{\partial y}}$$

Gráfico 5: Taxa marginal de substituição entre os produtos X e Y

Adaptado de: Pindyck e Rubinfeld (1999, p. 72)

Como a taxa marginal de substituição se comporta como uma reta que tangencia a curva de indiferença, nas taxas de troca iguais à taxa marginal de substituição, o consumidor tenderá a não trocar, pois qualquer outra condição o levará a uma curva de indiferença menor do que a que este se encontra. Portanto, a taxa marginal de substituição determina a fronteira na qual o indivíduo estaria disposto a substituir um bem pelo outro (Varian, 1999).

“Uma curva de indiferença [...] mostra um conjunto de cestas de consumo a respeito das quais o indivíduo é indiferente.”⁴³ (Snyder & Nicholson, 2008, p. 92) Dentro de uma mesma curva de indiferença, o agente não consegue distinguir qual é a melhor alternativa. Deste modo, estas cestas seriam, para o consumidor, indiferentes entre si (Varian, 1999). Nela, a curva de indiferença representa aqueles pontos que mostram cestas de consumo que conferem o mesmo nível de satisfação ao indivíduo (Krugman & Wells, 2011; Pindyck & Rubinfeld, 1999) – ver gráfico 6.

Assim como a utilidade ordinal, “o formato da curva de indiferença depende das preferências do consumidor.” (Baye, 2010, p. 120) Mas uma propriedade

⁴³ Do inglês: “An indifference curve [...] shows a set of consumption bundles about which the individual is indifferent.”

importante que se observa neste tipo de representação é que, salvo em caso de bens males e de saciedade a curva de indiferença será bem comportada. Em uma curva de indiferença bem comportada, uma cesta com ao menos um bem a mais do que a outra, será sempre preferida, a isso se chama de monotonicidade e esta propriedade garante à curva de indiferença uma inclinação negativa (Varian, 1999). Portanto, para o agente, quanto mais de um determinado bem melhor.

Gráfico 6: Curva de indiferença entre os produtos X e Y

Adaptado de: Eaton e Eaton (1999, p. 45)

Para traçar as preferências em relação a todas as combinações possíveis de um determinado grupo de produtos, é necessário traçar um mapa composto por um conjunto de curvas de indiferença que se convencionou chamar de mapa de indiferença (Krugman & Wells, 2011; Pindyck & Rubinfeld, 1999) – Ver gráfico 7.

Em economia, entende-se que não há dois indivíduos com a mesma preferência e, portanto, não há dois indivíduos com o mesmo mapa de curvas de indiferença. Mas há algumas propriedades comuns às curvas de indiferença. A primeira pode ser ilustrada por meio de:

[...] três cestas de bens, X , Y e Z , de modo que X se situe em apenas uma curva de indiferença, Y fique somente na outra e Z se localize no intercepto dessas curvas. Por pressuposto, as curvas de indiferença representam níveis distintos de preferência, de modo que uma das cestas, digamos X , é estritamente preferida à outra cesta, Y . Sabemos que $X \sim Z$ e que $Z \sim Y$ e que o axioma da transitividade implica, pois, que $X \sim Y$. Isso, porém, contradiz o pressuposto de que $X > Y$. Essa contradição confirma o resultado – as curvas de indiferença que representam níveis distintos de preferência não podem se cruzar. (Varian, 1999, p. 40)

Gráfico 7: Mapa de indiferença para os produtos X e Y

Adaptado de: Pindyck e Rubinfeld (1999, p. 70)

Portanto, a transitividade garante que o agente não entre em um ciclo perpétuo no qual seja incapaz de escolher (Baye, 2010). Outra propriedade diz respeito ao fato de que quanto mais distante da origem se encontra uma determinada curva de indiferença, maior o nível de utilidade total que aquela cesta de bens pode proporcionar (Baye, 2010; Krugman & Wells, 2011).

Em termos matemáticos, uma superfície de indiferença para muitos bens pode ser representada pela expressão $U(x_1, x_2, \dots, x_n) = k$, onde U é a função utilidade e k é uma constante (Snyder & Nicholson, 2008). Quando nos movemos sobre uma curva de indiferença, a redução de consumo de um bem proporciona uma redução da utilidade que deve se anular pelo aumento da utilidade provocado pela elevação do consumo de outro bem, o que pode ser descrito pela expressão matemática:

$$\frac{\Delta Q_x}{\Delta Q_y} = - \frac{UM_y}{UM_x}$$

Onde UM representa a utilidade marginal dos bens X e Y e ΔQ representa as mudanças no consumo destes bens. Esta expressão mostra que a quantidade que um indivíduo está disposto a renunciar de um bem X , em troca de um bem Y é exatamente igual à razão da utilidade marginal destes bens. Esta razão entre as

utilidades marginais é denominada de taxa marginal de substituição (Krugman & Wells, 2011; Pindyck & Rubinfeld, 1999; Snyder & Nicholson, 2008; Varian, 1999).

Como normalmente a taxa marginal de substituição é decrescente, então um indivíduo que consuma grande quantidade de um bem X e pouca de um bem Y , estará disposto a trocar uma grande quantidade do bem X para obter uma pequena quantidade adicional do bem Y . Esta condição explica porque uma curva de indiferença normal é convexa, com inclinação para baixo (Krugman & Wells, 2011).

O mapa de indiferença dos agentes explica parte das características da escolha, mas a questão orçamentária, também representa um aspecto importante deste processo (Pindyck & Rubinfeld, 1999). Considerando-se que X e Y são produtos distintos, cujos preços são dados por P_x e P_y , respectivamente, então a linha orçamentária representada pela expressão $P_x \cdot X + P_y \cdot Y = I$ indicará as combinações de X e Y que um determinado agente poderá adquirir com uma determinada renda I (Pindyck & Rubinfeld, 1999; Snyder & Nicholson, 2008; Varian, 1999). Considerando-se que o indivíduo sempre buscará maximizar sua utilidade total (Krugman & Wells, 2011) então pode-se concluir que a maximização da satisfação será dada por:

$$TMS_{x \text{ por } y} = \frac{P_x}{P_y} \therefore \frac{P_x}{P_y} = \frac{UM_x}{UM_y}$$

Onde TMS é a Taxa Marginal de Substituição.

Deste modo, a curva de indiferença que maximiza a utilidade do agente é aquela mais alta, que tenha contato com a reta orçamentária. Portanto, o agente irá maximizar seu grau de satisfação quando o seu ajuste de consumo das mercadorias produzir uma taxa marginal de substituição igual à razão entre os preços praticados (Pindyck & Rubinfeld, 1999; Snyder & Nicholson, 2008; Varian, 1999).

Em síntese, isso quer dizer que a utilidade de um indivíduo é maximizada quando a utilidade marginal por unidade monetária despendida para compra é igual para todas as mercadorias consumidas (Pindyck & Rubinfeld, 1999, p. 97; Snyder & Nicholson, 2008). Esta característica leva à seguinte condição: o pacote de consumo ótimo possui a mesma inclinação da reta orçamentária (já que para duas curvas de

indiferença se tangenciarem elas precisam ter a mesma inclinação para que não se toquem em outro ponto). Portanto, pode-se chegar à cesta de consumo ótimo por meio da expressão $\frac{P_y}{P_x} = -\frac{UM_y}{UM_x}$, onde UM representa a utilidade marginal dos bens X e Y e P , os preços dos referidos bens (Varian, 1999).

Portanto, a escolha ótima de consumo ocorre quando a linha de orçamento tangencia uma determinada curva de indiferença, pois esta condição é a que proporciona a maior utilidade total para o agente. Qualquer curva de indiferença acima deste ponto estará acima da capacidade de consumo deste indivíduo, enquanto um ponto mais próximos da origem, do que aquele que tangencia a curva de indiferença irá proporcionar menos utilidade do que o primeiro (Krugman & Wells, 2011; Snyder & Nicholson, 2008; Varian, 1999). O gráfico 8 ilustra esta situação. Nele o ponto C se encontra acima da reta orçamentária, portanto fora da capacidade orçamentária do agente. Já o ponto B se encontra no limite orçamentário do agente. Contudo, a curva de indiferença em que ela se encontra produz menos utilidade do que aquela curva de indiferença onde se encontra o ponto A. Como em uma decisão ótima, o agente deve elevar sua variável de controle, até o momento em que os benefícios marginais sejam iguais aos custos marginais (Baye, 2010), então o ponto A, que tangencia a curva de indiferença U_2 , é a solução ótima, conforme mostrado matematicamente no parágrafo anterior.

Gráfico 8: Escolha ótima da cesta de consumo

Adaptado de: Pindyck e Rubinfeld (1999, p. 83)

Desse modo, uma vez que a combinação de bens que maximiza a utilidade do indivíduo se dá quando a função de restrição orçamentária tangencia a curva de indiferença (Snyder & Nicholson, 2008; Varian, 1999). Então, pode-se dizer que ela ocorre quando a inclinação da função de restrição orçamentária se iguala à inclinação da curva de indiferença. Portanto, para múltiplos bens, onde a função utilidade é dada por $Utilidade = U(x_1, x_2, \dots, x_n)$ e a restrição orçamentária é dada por $I = p_1 \cdot x_1 + p_2 \cdot x_2 + \dots + p_n \cdot x_n$, onde p é o preço para cada unidade do bem, a expressão lagrangeana $\mathcal{L} = U(x_1, x_2, \dots, x_n) + \lambda(I - p_1 \cdot x_1 - p_2 \cdot x_2 - \dots - p_n \cdot x_n)$ pode ser utilizada para maximizar expressão $U(x_1, x_2, \dots, x_n)$, tendo por base o vetor associado às restrições λ (Snyder & Nicholson, 2008). Ao desenvolver esta expressão por meio das derivadas parciais, Snyder e Nicholson (2008, p. 119) indicam que o máximo inferior seria dado por:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x_1} &= \frac{\partial U}{\partial x_1} - \lambda p_1 = 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x_2} &= \frac{\partial U}{\partial x_2} - \lambda p_2 = 0, \\ &\vdots \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x_n} &= \frac{\partial U}{\partial x_n} - \lambda p_n = 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} &= I - p_1 \cdot x_1 - p_2 \cdot x_2 - \dots - p_n \cdot x_n = 0\end{aligned}$$

Ao resolver esta equação para λ , tem-se:

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{\frac{\partial U}{\partial x_1}}{p_1} = \frac{\frac{\partial U}{\partial x_2}}{p_2} = \dots = \frac{\frac{\partial U}{\partial x_n}}{p_n} \Rightarrow \\ \lambda &= \frac{UM_{x_1}}{p_1} = \frac{UM_{x_2}}{p_2} = \dots = \frac{UM_{x_n}}{p_n}\end{aligned}$$

Portanto, pode-se dizer que a condição necessária para maximização desta função pode ser dada por:

$$p_i = \frac{UM_{x_i}}{\lambda}$$

Cabe ressaltar que a tangência é apenas necessária para maximização, mas em casos raros pode não ser suficiente. Em mapas de indiferença compostos por curvas de utilidade mais confusas, pode ocorrer a tangente em diferentes curvas de indiferença – ver gráfico 9 (Snyder & Nicholson, 2008). No caso ilustrado a falha da tangente em localizar o ponto que maximiza a utilidade, se deve ao formato ambíguo das curvas de indiferença. Conforme observado, na prática, este formato é incomum, pois exige um comportamento atípico da taxa marginal de substituição (Pindyck & Rubinfeld, 1999; Snyder & Nicholson, 2008; Varian, 1999). “Entretanto, se presumirmos que a *TMS* diminui então a condição de tangência é tanto uma condição necessária como suficiente para um máximo.”⁴⁴ (Snyder & Nicholson, 2008, p. 117)

Gráfico 9: Situação onde a tangência não é suficiente para garantir a maximização

Fonte: Snyder e Nicholson (2008, p. 117)

No contexto utilitarista, o agente também pode optar por economizar sua renda. Neste caso, o agente pode escolher por adquirir determinados bens ou economizar, o que representaria uma escolha entre consumo presente ou consumo futuro. Mas em ambos os casos, a escolha se daria de forma a maximizar a utilidade

⁴⁴ Do inglês: “Therefore, if the MRS is assumed to be diminishing, the condition of tangency is both a necessary and sufficient condition for a maximum.”

do consumidor, dentro daquela renda disponível. Qualquer cesta de consumo acima da renda disponível estaria fora da capacidade orçamentária do agente, enquanto aquelas que estivessem abaixo, não maximizariam a utilidade do mesmo (Pindyck & Rubinfeld, 1999).

A abordagem utilitarista da escolha racional vai além da escolha de cestas de consumo. Ela também prevê que os indivíduos podem fazer escolhas para determinar a alocação de seu tempo (Eaton & Eaton, 1999; Snyder & Nicholson, 2008). O tempo (T) que um agente dispõe, poderá ser dividido entre trabalho (h) e lazer (x_1). Neste contexto, a restrição de tempo poderá ser tratada de maneira análoga à restrição orçamentária. Com isso, a restrição de tempo poderá ser representada pela expressão $h + x_1 = T$ (Eaton & Eaton, 1999).

Uma vez que a divisão do tempo entre trabalho e lazer, determina a renda do agente – dada por $x_2 = A + w \cdot h$, onde w é a taxa salarial do agente e A são as rendas oriundas de outras fontes, então o problema de maximização, referente à alocação do tempo, consiste em maximizar a $U(x_1, x_2)$, onde x_1 é a utilidade promovida pela horas empreendidas com lazer e x_2 consiste na utilidade máxima que pode ser produzida pela restrição orçamentária do agente, por meio da aquisição de bens. Destarte, pode-se dizer que o agente enfrenta três escolhas, sujeitas a duas restrições que combinadas, podem ser representadas pela expressão $A + w \cdot T = w \cdot x_1 + x_2$. Neste contexto, o trabalho pode ser entendido como o preço do lazer e, assim, $A + w \cdot T$ poderia ser tratado como a renda plena do agente (Eaton & Eaton, 1999).

Contudo, é importante ressaltar que o tempo disponível para um indivíduo é limitado a 24 horas. Neste contexto a “renda” máxima de cada indivíduo seria dada se ele trabalhasse por 24h. Como no caso da aquisição de bens, a utilidade é maximizada quando a taxa marginal de substituição da renda obtida pelo tempo trabalhado é igual à taxa marginal de substituição do tempo utilizado por outras atividades (Snyder & Nicholson, 2008).

Gary Stanley Becker (1965) dá uma abordagem ainda mais profunda à problemática da alocação do tempo. O autor lembra que o indivíduo irá empreender tanto tempo quanto renda no consumo de bens. Portanto, esta situação não difere

do lazer, onde o agente, muitas vezes, também irá precisar desembolsar parte de sua renda para obter o resultado esperado.

Para resolver esta problemática o autor incluiu na formulação do preço pleno de um produto tanto o preço monetário, quanto o preço do tempo empreendido pelo agente. Como resultado, ele propôs que a escolha do agente também envolveria a restrição orçamentária, dada por $(p_1 + w \cdot z_1) \cdot x_1 + (p_2 + w \cdot z_2) \cdot x_2 = A + w \cdot T$, onde p_1 e p_2 representam os preços monetários e z_1 e z_2 os preços relativos ao tempo utilizado para consumo dos produtos (Gary Stanley Becker, 1965).

Pode-se dizer, então, que os indivíduos racionais tratam o lazer e a renda como bens que podem ser substituídos de acordo com uma determinada curva de indiferença (Baye, 2010). Destarte, a utilidade da renda assume o mesmo valor da utilidade do tempo gasto em sua obtenção. Assim, o indivíduo só irá consumir aquilo que lhe produzir mais utilidade por unidade monetária do que a utilidade percebida da renda. Diante de tal perspectiva, “[...] um aumento nos proventos, compensado por um declínio em outra fonte de renda, de tal forma que a renda total permaneça inalterada, irá induzir um declínio no total de tempo usado nas atividades de consumo, pois o tempo se tornará mais oneroso.”⁴⁵ (Gary Stanley Becker, 1965, p. 517)

O conceito de utilidade se tornou importante para os economistas ciberneticistas por permitir, por meio da modelagem matemática, a formulação de funções capazes de descrever o comportamento diante de incentivos (Zamfir & Vîrlan, 2009). Os incentivos têm um importante papel para guiar o comportamento dos agentes, em todos os níveis (Baye, 2010). Até, “[...] os criminosos, como todos os outros, respondem a incentivos.”⁴⁶ (Gary Stanley Becker & Becker, 1996, p. 143) Nesta perspectiva, por exemplo, o crime se torna mais atrativo conforme os benefícios superam os custos desta ocupação, representados pela punição.

O problema da “tragédia dos comuns”, exposto anteriormente, tem sérias implicações no contexto exposto. Sendo um recurso limitado, faz-se necessário um mecanismo que possibilite a sua alocação. Uma alternativa é adotar o mecanismo

⁴⁵ Do inglês: “[...] a rise in earnings, compensated by a decline in other income so that full income would be unchanged, would induce a decline in the amount of time used at consumption activities, because time would become more expensive.”

⁴⁶ Do inglês: “[...] criminals, like everyone else, respond to incentives.”

das filas. Este mecanismo atribui o bem àquele indivíduo que estiver disposto a empreender o tempo necessário, aguardando pelo mesmo. Ao se considerar que o tempo atua como um gasto para o indivíduo, o bem acaba sendo distribuído para aqueles que tiverem maior disposição para empreender este gasto. A “tragédia” desta abordagem ocorre, pois os indivíduos precisam alocar seu tempo, que é um recurso precioso, para uso em filas que não são nada produtivas. Uma alternativa institucional é substituir o preço do tempo por um valor monetário que o equivalha, desta maneira o próprio valor monetário levaria a um equilíbrio da demanda (Eaton & Eaton, 1999).

Mas cabe ressaltar que a abordagem utilitarista não corresponde a egoísmo, como associado em muitos dos modelos matemáticos utilizados pelos ciberneticistas (Rawls, 1999; Snyder & Nicholson, 2008).

Nada no modelo utilitário de maximização impede os indivíduos de derivar satisfação da filantropia ou, generalizando, "fazer o bem." Essas atividades também podem ser assumidas para fornecer utilidade. Na verdade, os economistas têm utilizado o modelo utilitário de maximização extensivamente para estudar questões como a doação de tempo e dinheiro para a caridade, deixando legados para as crianças, ou mesmo doar sangue.⁴⁷ (Snyder & Nicholson, 2008, pp. 113-114)

Neste contexto, Rawls (1999) lembra que as questões éticas e morais podem ser decisivas no que tange à escolha dos agentes e o conceito de utilidade precisa levar em consideração as variações no comportamento de escolha, influenciadas por tais questões. Rawls (1999) também lembra que o princípio da utilidade, desconexo do critério temporal, pode provocar inequidade entre as gerações, pois não leva em consideração o bem estar de gerações futuras. Neste caso, um critério de referência temporal seria necessário para garantir que o bem estar social de futuras gerações fosse levado em conta.

Cabe ressaltar, também, que a abordagem econômica, mesmo a ecológica reconhece que “[...] muito do comportamento adaptativo reflete claramente cálculos de custo e benefício de alternativas estratégicas”⁴⁸ (Johnson & Earle, 2000, p. 22)

⁴⁷ Do inglês: “Nothing in the utility-maximization model prevents individuals from deriving satisfaction from philanthropy or generally “doing good.” These activities also can be assumed to provide utility. Indeed, economists have used the utility-maximization model extensively to study such issues as donating time and money to charity, leaving bequests to children, or even giving blood.”

⁴⁸ Do inglês: “many adaptive behaviours clearly reflect calculations of the costs and benefits of alternative strategies.”

Por sua possibilidade de matematização do problema e elegância, a abordagem utilitarista acabou amplamente aceita e se mostra bastante promissora no que tange às descrições de uma ampla gama de comportamentos. Mas pesquisas feitas na área da psicologia sugerem que o ser humano é um tomador de decisão que possui racionalidade limitada. Ele não considera todas as opções disponíveis, busca aquilo que está ao alcance e toma decisões que sejam satisfatórias dentro das expectativas estabelecidas, ou seja, busca aquilo que seja aceitável para não ter que empreender tempo buscando a infinidade de alternativas necessárias para uma escolha baseada em uma racionalidade ilimitada (Sternberg, 2008).

Portanto, adotar uma abordagem puramente utilitarista exigiria agentes dotados dos poderes do intelecto superior proposto por Laplace (1829). Contudo, os limites para o processamento e transmissão de dados, impostos pela teoria da informação (Pierce, 1980; Shannon, 1948), e os recentes estudos da psicologia cognitiva, mostram que a existência de tal ser é, além improvável, incompatível com o que de fato ocorre nos sistemas socioeconômicos. Neste contexto, para utilização prática, esta poderosa abordagem precisaria ser ampliada para levar em conta os limites no conhecimento dos agentes econômicos.

4.2 AS ORGANIZAÇÕES

No contexto de gestão, as organizações são “entidades que capacitam a sociedade a buscar realizações que não podem ser atingidas por pessoas atuando individualmente.” (Gibson, Ivancevich, Donnelly Jr. & Konopaske, 2006, p. 5). Os trabalhos realizados pelos pesquisadores do *The Tavistock Institute of Human Relations*, especialmente os de Trist e Bamforth (1951) e Emery e Trist (1960), apontaram, por meio de uma série de observações, que este tipo de entidade, quando vista por meio de uma perspectiva sistêmica, pode ser entendida como um

sistema sociotécnico estruturado, aberto para o meio e capaz de se autorregular para atingir seus objetivos, mesmo que precise desenvolver caminhos alternativos para tal.

Esta perspectiva ficou conhecida no meio de gestão como abordagem sociotécnica. Nela, “[...] os subsistemas técnicos e social se inter-relacionam, influenciam-se mutuamente e interdependem. Daí não haver como definir a organização apenas como sistema técnico ou apenas como sistema social [...]” (Caravantes et al., 2005, p. 153) – Ver figura 12. Visando construir um panorama do problema estratégico nas organizações Terra (2010) e Terra e Passador (2014) se utilizaram desta definição para construir uma descrição sintética das dinâmicas organizacionais, encontradas na essência primeira do mesmo, tendo por base a perspectiva sociotécnica da organização.

Figura 12: abordagem sociotécnica do instituto Tavistock

Adaptado de: Caravantes et al. (2005, p. 153)

Contudo, a abordagem de Terra (2010) e Terra e Passador (2014) difere em alguns aspectos daquela mostrada nos trabalhos de Trist e Bamforth (1951) e Emery e Trist (1960). Isto porque, os primeiros se valem do trabalho dos segundos para explicar a dinâmica das organizações e as relações que estas estabelecem com o ambiente, enquanto os segundos se voltam a uma descrição da organização como entidade e seus componentes.

Com relação aos sistemas sociais de uma organização, Trist e Bamforth (1951) e Emery e Trist (1960), afirmam que qualquer descrição acerca dos processos do mesmo, precisa levar em consideração os aspectos comportamentais dos indivíduos que levam à emergência de uma racionalidade própria e de um comportamento autorregulado que a especifica.

Para Luhmann (1995) isto se deve ao fato que os sistemas sociais baseados na comunicação, como os que ocorrem nas organizações, têm suas fronteiras definidas pelos valores e laços de confiança estabelecidos pelos agentes que o formam. Para o autor, o conjunto de valores de uma organização social se autoproduz e permanece relativamente estável por meio laços de *feedback*. Com base em tal premissa, Luhmann (1995) argumenta que quando abordados a partir do domínio da comunicação, os sociossistemas se configuram em uma dinâmica autorreferente que fecha-os em si mesmo, fazendo com que este possa ser entendidos de acordo com a definição de autopoiese de Varela et al. (1974) e Maturana e Varela (1997).

Bauer (1999) concorda com tal perspectiva. Em sua obra, escrita mais de quatro décadas após a obra de Trist e Bamforth (1951), o autor se inspirou na teoria da complexidade para desenvolver uma abordagem multidisciplinar, sobre como se dão as mudanças nas organizações. Ao descrever este processo em termos dinâmicos, Bauer (1999) concluiu que tal sistema pode, de fato, se comportar por meio de uma concepção autopoietica, onde organização e ambiente forjam-se mutuamente em uma relação íntima, onde a primeira aprende e produz a si própria, enquanto interage com o segundo.

Diante de uma concepção autopoietica da organização, é possível adotar as ideias da teoria de Santiago para definir os sistemas sociais como entidades dotadas de autonomia e capacidade cognitiva própria, conforme previram Trist e Bamforth (1951) e Emery e Trist (1960). De certa forma, este conceito é reforçado por uma ampla série de estudos da área de estratégia, já que remete à ideia de cultura organizacional como a mente coletiva da organização, capaz de delimitar a forma com a qual esta interage com o meio (Mintzberg et al., 1998).

Ao estudar a dinâmica das organizações por uma perspectiva sociotécnica, incorporando os resultados dos trabalhos de Capra (1983, 2006), Luhmann (1995) Bauer (1999) e Morin (2007a, 2007b, 2007c), Terra (2010) e Terra e Passador (2014) construíram um ponto de vista onde uma organização social de produção pode ser vista como um acoplamento entre dois sistemas distintos que convivem em uma relação simbiótica. De um lado, a rede social da organização atua como uma máquina que segue princípios autopoieticos, enquanto de outro, sua estrutura

técnica consiste em uma máquina finalista – alopoiética – cujo objetivo é prover o sistema social da organização por meio do processamento de recursos para o ambiente.

Para os autores, estas duas máquinas distintas atuam de maneira intimamente ligadas, por uma troca de perturbações e resíduos, ao mesmo tempo em que também realizam trocas com mundo externo, por meio de sua abertura (Terra, 2010; Terra & Passador, 2014) – ver figura 13.

Figura 13: Conversão da essência primeira de uma organização em um diagrama sintético

Fonte: Terra e Passador (2014, p. 16)

Em última instância, esta abordagem encontra-se alinhada com a ideia de que uma organização social de produção:

[...] produz objetos ou serviços, coisas que se tornam exteriores a ela e entram no universo do consumo. Limitar-se a uma visão heteroprodutora da empresa seria insuficiente. Porque ao produzir coisas e serviços, a empresa, ao mesmo tempo, se autoproduz. Isto quer dizer que ela produz todos os elementos necessários para sua própria sobrevivência e para sua própria organização. Ao organizar a produção de objetos e serviços, ela se auto-organiza, se auto-entretém, se necessário se autoconserta, e se as coisas vão bem, se autodesenvolve ao desenvolver sua produção. (Morin, 2007c, p. 86)

Nesta perspectiva, baseada na dinâmica simbiótica entre máquinas distintas, tanto as pessoas, como possíveis incorporações externas, são vistas como endossimbiontes em uma organização (Terra, 2010; Terra & Passador, 2014). Diante deste tipo de abordagem, as pessoas e outros sistemas incorporados são análogos aos cromossomos e às organelas, componentes que, quando acoplados, podem atuar como possíveis novas bacias de atração, mudando a dinâmica do

sistema ou mesmo aumentando a variedade e a redundância das organizações. (Pascale, 2002, p. 119; Terra, 2010).

Como qualquer tipo de acoplamento, estes podem se dar de maneira violenta ou não violenta e podem levar as organizações a patamares qualitativos indesejados. Baseado na teoria da simbiogênese, Terra (2010) e Terra e Passador (2014) argumentam que os acoplamentos tendem a ser bem sucedidos quando as estruturas organizacionais possuem uma individualidade limitada, de tal forma que a dinâmica das unidades incorporadas não tenda a se autodestruir. Em organizações com individualidades vigorosas a redundância destas organizações pode agir como anticorpos, destruindo ou molestando a autopoiese uma da outra. O equivalente biológico à morte e a doença.

Além da importância de se analisar possíveis incorporações diante de suas implicações dinâmicas, conforme previram Terra e Passador (2014), Goulielmos (2005) destaca a importância de se identificar aquilo que denominou de “atratores humanos”⁴⁹. Sardar e Abrams (1999) argumentam que “o equivalente cultural dos atratores seriam os chefes, as tribos, os estados e aquilo que nos dá identidade, como a religião, as classes e as visões de mundo.”⁵⁰ (Sardar & Abrams, 1999, p. 46)

De acordo com Gardner (1996) a atração social dos líderes se da por certas características dos indivíduos. Muito dos líderes, inclusive, são distinguíveis por possuírem uma composição de traços capazes de atrair uma série de indivíduos, como: força; poder perceptivo; originalidade; etc. Mas a liderança também pode ser exercida por meio do domínio que o líder possui sobre certos elementos como: força física; ferramentas; etc. Neste contexto a liderança pode ser imposta ou pode emergir por meio de um contrato social que garanta certa medida de estabilidade para os indivíduos (Gardner, 1996).

Por fim, Terra (2010) e Terra e Passador (2014) ainda destacam que as teorias dos sistemas dissipativos e da autopoiese mostram que as organizações menores seriam mais aptas a enfrentar crises de recursos, enquanto organizações mais complexas tendem a estar mais aptas a enfrentar rupturas que exijam maior redundância. Com base nesta concepção, o autor argumenta que as organizações

⁴⁹ Do inglês: “human-attractors”.

⁵⁰ Do inglês: “The cultural equivalent of attractors would be chiefs, tribes, states and what gives us identity, like religion, class and worldviews.”

com maior chance de sobreviver no longo prazo, seriam aquelas que são estruturalmente pequenas, mas capazes de se associar com outras organizações para compartilhar sua variedade, de maneira análoga aos líquens.

Em síntese, pode-se dizer que, diante desta dinâmica simbiótica proposta por Terra (2010) e Terra e Passador (2014), as organizações podem ser vistas como uma série de acoplamentos onde a estratégia emerge como um programa deliberado por uma máquina autopoietica, formada pela estrutura social da organização. Ou seja, a estratégia tem origem na configuração de sua estrutura interna autorreferente e nas respostas que esta é capaz de proporcionar. Assim, ações individuais podem ser reforçadas ou anuladas pela própria dinâmica do sistema, de acordo com a capacidade regenerativa do mesmo.

Desse modo, esta abordagem se mostra conciliadora já que consegue contemplar todas as definições de estratégia e características de seu referido processo, descritos por Mintzberg et al. (1998). Por meio da dinâmica ilustrada por Terra (2010) e Terra e Passador (2014) a organização olha para fora, por meio de sua abertura, e para suas relações internas. Também se governa por meio de controle deliberado e do aprendizado organizacional, todos componentes descritos pelo amplo trabalho de Mintzberg et al. (1998).

4.3 O CONTEXTO DOS SUPRASSISTEMAS

Conforme lembra Morin (2007c) as organizações não podem ser vistas de maneira isolada, é preciso inseri-las em um sistema socioeconômico e eco-organizado, onde ela produz a si própria, mas também é heteroprodutora, ou seja, contribui e realiza trocas com o meio. Somente neste contexto este tipo de entidade pode realizar sua abertura para o meio que lhe permite sobreviver através dos fluxos de energia e recursos que atravessam seus subsistemas (Terra, 2010).

Com base em tal percepção, Terra (2010) e Terra e Passador (2014) concluem que as organizações são, na verdade, análogos a endossimbiontes do sociossistema que, conforme descrito por Terra (2010), Terra e Passador (2014) e Goodland (1992), atuam como um subsistema que processa e se utiliza de recursos e energia dos ecossistemas e dos sistemas abióticos evolutivos que compõem aquilo que Lovelock (2000, 2001) denominou de Gaia.

Quadro 14: Conceitos, abrangência e tipologia do fator terra

Fator Terra: conceito, abrangência e tipologia.

A. Solo:

Meio natural para o desenvolvimento dos vegetais. Parcela dinâmica da superfície terrestre. Sua superfície inferior é definida pela ação de agentes biológicos e climáticos. Seu aproveitamento econômico define-se pela profundidade efetiva, drenagem, saturação, fertilidade e relevo.

B. Subsolo:

Camada da crosta terrestre em que se encontram lençóis de água; jazimentos minerais, metálicos e não-metálicos; lençóis petrolíferos e reservas de gás natural. O aproveitamento econômico dos depósitos do subsolo define-se pelo conhecimento geológico, qualidade das reservas medidas e acessibilidade.

C. Águas:

Incluem oceanos, mares e lagos. Recursos hídricos que correm pela superfície, infiltram-se no subsolo e renovam-se pelos mecanismos do ciclo hidrológico. O aproveitamento econômico é definido por fatores como propriedades físico-químicas, potabilidade, navegabilidade e potencialidade para fins hidrelétricos.

D. Pluviosidade e clima:

A pluviosidade é uma das fases do ciclo hidrológico: sua importância, como recurso econômico, define-se pelos intervalos de ocorrência e pelos índices de precipitação. O clima define-se por fatores como a maritimidade, a continentalidade, a altitude, a localização geográfica, o relevo e a dinâmica das massas de ar. A pluviosidade e o clima, as variações de temperatura e a insolação complementam as potencialidades econômicas das demais reservas.

E. Flora e fauna:

A flora constitui-se por todas as espécies ocorrentes nas diferentes formas de cobertura vegetal do solo, bem como as que ocorrem no interior dos oceanos, mares e complexos hídricos. A fauna constitui-se pelas espécies que habitam ecossistemas definidos: vertebrados e invertebrados; sua existência e preservação são diretamente definidas pelo conjunto dos demais fatores que condicionam o meio ambiente. A importância econômica dessas duas categorias de recursos naturais define-se pelos seus potenciais de aproveitamento efetivo para satisfação de necessidades humanas. Limitem-se por imposições derivadas de processos de extinção.

F. Fatores extraplanetários:

O sol pelas irradiações e fontes de energia, é dado como recurso vital. São também recursos outras potencialidades extraplanetárias: em sentido amplo, a organização, os movimentos, as emissões de ondas e de outras formas de energia que se encontram no espaço sideral.

Portanto, ao se deparar interagindo com os demais agentes do sistema, um dos principais problemas que emergem para as organizações é aquele referente à disponibilidade e uso de recursos. A economia lista dois destes fatores como os mais importantes: o fator terra e o fator trabalho. O fator trabalho compreende a parcela da população que é economicamente mobilizável para transformar recursos e, assim, produzir atividade econômica. Já o fator terra se refere às reservas naturais – ver quadro 14. No contexto econômico, a disponibilidade destes importantes recursos relacionados ao fator terra, tem relação direta com a capacidade humana de expandir e explorar novos territórios (Rossetti, 2003).

Figura 14: Ecossistema global finito, relativo ao subsistema econômico em crescimento.

Fonte: Goodland (1992, p. 5)

Baseado nesta perspectiva, Goodland (1992), propôs um modelo onde o ecossistema global é finito, ou seja, a capacidade de expansão do sistema econômico é limitada pela capacidade regenerativa do ecossistema – ver figura 14. Esta proposta se mostra como um problema real para as organizações, uma vez que estas precisam garantir sua sobrevivência no longo prazo para que a grande massa de seus investidores chegue à sua aposentadoria (Drucker, 2000). Isso porque, estas limitações do “ecossistema”, em fornecer fatores de produção, podem comprometer a sobrevivência e limitar as dimensões, tanto do sistema econômico,

como das próprias organizações a ele relacionadas. Há um apoio em múltiplas frentes de pesquisa à esta ideia. A perspectiva de um tamanho ótimo ligado às características setoriais e dos suprassistemas pode ser vista, inclusive, no trabalho dos marginalistas da economia neoclássica (Araújo, 2012).

Em uma perspectiva mais ampla, este conceito também foi discutido pela biologia em estudos que apontam que os organismos menores tendem a ser mais aptos a enfrentar crises de recursos, uma vez que o consumo de energia aumenta de maneira proporcional à massa corporal – ou seja, o tamanho dos organismos. Neste tipo de estrutura, o crescimento resulta em vantagens sobre o controle da energia disponível no ambiente, mas fragiliza o organismo em condições de falta de recursos, já que estas podem limitar o crescimento ou até levar uma determinada espécie à extinção, pela incapacidade de sustentar o consumo de energia inerente ao seu porte (Valen, 1973).

Este fator limitador, também pode ser explicado a partir do ponto de vista da comunicação, pela lei da organização de Boulding:

“[...] de acordo com a qual quanto mais uma organização cresce maior é o caminho da comunicação e este fato, dependendo da natureza da organização, atua como fator limitante, não permitindo que a organização cresça além de certo tamanho crítico.” (Bertalanffy, 2009, p. 75)

Como não poderia deixar de ser, a descrição do problema estratégico proposta por Terra (2010) e Terra e Passador (2014) concorda com esta perspectiva de tamanho ótimo. Ao inserir seu modelo de organização em um contexto mais amplo, como o proposto por Goodland (1992), o autor chegou a uma dinâmica que explica todas estas abordagens de maneira unificada. Nela as organizações agiriam de maneira análoga às organelas, como as mitocôndrias, processando matéria, energia e informação do ecossistema, para sustentar a dinâmica dos sociossistemas, enquanto garantem sua própria sobrevivência – ver figura 15.

Esta dinâmica mostra que a máquina alopoiética da organização se acopla ao [ecossistema] e ao sociossistema humano, com o objetivo de realizar trocas com ambos para permitir que os excedentes destas interações sejam suficientes garantir o fluxo de recursos necessário para sustentar a máquina autopoiética da organização. No âmbito externo, a máquina autopoiética – responsável pela programação autorreferente da organização – é influenciada pelo fluxo de perturbações provocadas por Gaia e pelo sociossistema humano, ao passo que também influencia tais sistemas por

meio de seus resíduos sociais e materiais. Neste contexto, outras organizações e seres humanos individuais, também ligam o sociossistema humano a Gaia fechando um complexo laço de realimentação. Por fim, a complexidade se amplia ao passo que Gaia também é um sistema aberto, distante do equilíbrio, onde o fluxo de energia solar se constitui em um atributo importante para a manutenção de sua ordem interna. (Terra, 2010, p. 166)

Figura 15: Diagrama esquemático da dinâmica do problema estratégico.

Fonte: Terra e Passador (2014, p. 20)

Portanto, na relação proposta, as organizações seriam atravessadas por um fluxo de recursos que garantiriam sua sobrevivência ao mesmo tempo em que supririam os suprassistemas. Neste contexto, estas estruturas se afetam mutuamente e a ruptura da autopoiese de qualquer um dos sistemas de ordem maior, levaria a organização a um colapso inevitável. Mesmo um salto qualitativo em um destes sistemas poderia gerar padrões de perturbação suficientes para promover uma alteração indesejada ou até mesmo a desintegração da dinâmica dos sistemas de ordem menor (Terra, 2010; Terra & Passador, 2014).

Tal perspectiva remete às ideias de, Goodland (1992) a respeito dos limites de regeneração do ambiente e suas consequências para o crescimento econômico. Sendo o ecossistema e o sociossistema, entidades cuja dinâmica remete à de uma máquina autopoiética, então é possível se aproveitar das simulações de Varela et al. (1974) para extrapolar que a sobrevivência do meio, como ente autopoiético, só seria

possível se a taxa de desintegração provocada pelos resíduos de seus subsistemas for menor do que sua capacidade de regeneração.

Como as organizações processam recursos para o sociossistema, ao mesmo tempo em que excretam resíduos de diversos níveis para os sistemas aos quais se conecta, ela acaba, invariavelmente, contribuindo para a entropia dos mesmos (Terra, 2010; Terra & Passador, 2014). Neste sentido, Terra (2010) e Terra e Passador (2014) propõem que exploração desenfreada, pode levar o meio a sofrer rupturas aceleradas, que levam à perda de capacidade de previsão e à mudança dos patamares qualitativos dos sistemas de ordem maior, conforme previsto pela teoria dos sistemas dissipativos de Prigogine (1996). Em um extremo, essas alterações podem levar os sistemas de ordem maior a perderem sua capacidade de fornecer negentropia para as organizações que nele residem, levando ao colapso de todos os seus subsistemas (Terra, 2010; Terra & Passador, 2014).

Ao estudar a derrocada de uma série de antigas civilizações Diamond (2006) chegou a uma conclusão que remete diretamente a esta explicação abordada pela perspectiva da dinâmica simbiótica. Ao comparar os processos que levaram antigas sociedades ao colapso, o autor percebeu que algumas delas eram mais frágeis que as demais e, por isso, entravam em colapso com maior facilidade. Os estudos do autor indicam que estas sociedades têm em comum cinco pontos que as ajudaram a caminhar para a ruína. Estas: (1) haviam utilizado inadvertidamente os recursos naturais, o que levou a uma elevada degradação de seu meio ambiente; (2) estavam sujeitas a mudanças climáticas significativas; (3) haviam tido seus laços com importantes parceiros enfraquecidos; (4) tiveram contato com sociedades hostis e; (5) tinham problemas políticos e econômicos que tornaram difícil perceber ou resolver os problemas que vinham sendo criados no meio ambiente (Diamond, 2006).

A forte relação entre os achados de Diamond (2006) e o a Dinâmica Simbiótica de Terra (2010) é evidente, já que todos os cinco fatores apontados pelo primeiro se encaixam perfeitamente em variáveis descritas pelo segundo. Neste contexto, pode-se dizer que a hipótese da Dinâmica Simbiótica se mostra bastante promissora para explicar, de maneira sintética, os processos fundamentais que regem a dinâmica de ruína dos sistemas sociais.

Contudo, cabe ressaltar que Diamond (2006) se apegue à ideia da superpopulação como mecanismo impulsionador destes processos, o que remete ao conceito da tragédia dos comuns. Para lidar com esta exploração de bens compartilhados, Hardin (1968, p. 1245) propõem que “[...] Conforme a densidade populacional aumenta, os processos naturais de reciclagem química e biológica se tornam sobrecarregados, exigindo uma redefinição dos direitos de propriedade.”⁵¹ Hardin (1968, p. 1245) argumenta, então, em favor do atual sistema capitalista de propriedade, onde a exploração dos bens comuns se daria por meio de uma competição pelo direito de propriedade que concederia a um determinado indivíduo a possibilidade de exploração. Contudo, Diamond (2006) demonstra não concordar com tal opinião e mostra inquietação acerca do atual modelo econômico.

Lenton (1998) também indicam que a exploração desenfreada pode ser mais perigosa para as organizações do que para os seus suprassistemas. O autor mostrou que, por sua redundância, o ecossistema tem maior probabilidade de combater as ameaças à sua estabilidade do que seus subsistemas, o que pode levar estas estruturas de ordem menor a serem eliminadas, caso não se alinhem com a dinâmica das entidades de ordem maior. As conclusões de Lenton (1998) levaram Terra (2010) a concluir que as organizações precisam buscar um equilíbrio saudável entre cooperação, competição e exploração de recursos que possibilite a manutenção da dinâmica dos sistemas de ordem maior, como o sociossistema e o ecossistema, opinião que se mostra adequada para resolver as causas da ruína das civilizações, apresentadas por Diamond (2006).

Os trabalhos de Watson e Lovelock (1983) e de Lenton (1998); Lenton e Lovelock (2001) também parecem indicar que estes laços estreitos entre subsistemas e suprassistemas é o mais seguro para as organizações e os sistemas socioeconômicos. Isso porque, os trabalhos destes autores mostram os subsistemas que contribuem para manutenção da dinâmica de seus suprassistemas, por meio dos laços de realimentação formados por seus acoplamentos com os mesmos, possuem maior probabilidade de sobrevivência. Nestas condições, a dinâmica destes sistemas de ordem maior tende a permanecer dentro dos limites de

⁵¹ Do inglês: “[...] as population became denser, the natural chemical and biological recycling processes became overload, calling for a redefinition of property rights.”

redundância de tais organizações o que, em última instância, garantiria a sobrevivência das mesmas.

Baseado nesta percepção, Terra (2010) e Terra e Passador (2014) concluem que as organizações devem investir na estabilidade e na configuração do suprassistema para evitar surpresas para as quais não estejam preparadas e aumentar sua longevidade provendo as condições necessárias para sua própria sobrevivência. Portanto, na concepção simbiótica da organização a lógica da estratégia deve ser a de manutenção e ajuste do meio para adequá-lo as demandas da própria organização. As organizações precisam reconhecer o impacto de suas ações sobre seus suprassistemas, buscando atenuar alterações significativas em sua dinâmica que levem o suprassistema a comportamentos indesejados.

Neste contexto, a concepção econômica de que o governo atua como “[...] um centro de geração, execução e julgamento de regras básicas para a sociedade como um todo” (Rossetti, 2003, p. 166), assume papel fundamental. Da mesma forma, líderes podem assumir um papel de dispositivos reguladores nas organizações, os governos podem atuar regulando as dinâmicas entre organizações e agentes individuais para que estes não extrapolem limites que possam comprometer as dinâmicas dos sistemas de ordem maior (Terra, 2010; Terra & Passador, 2014). Esta regulação vai além daquelas meramente econômicas e poderia se dar, inclusive, por meio da abordagem utilitarista de Hardin (1968) que propõe a imposição de custos que inibam os comportamentos desalinhados com os objetivos comuns. No extremo, Terra (2010) e Terra e Passador (2014) defendem que os governos deveriam atuar de maneira análoga a anticorpos, inclusive eliminando organizações que prejudiquem as dinâmicas dos sistemas de ordem maior.

Contudo, Terra (2010) e Terra e Passador (2014) lembram que apesar dos cuidados que se tenha, os trabalhos de Vilar e Rubí (2001) e Reguera et al. (2005) e Prigogine (1996) apontam que a auto-organização depende da aquisição de negentropia do meio e a segunda lei da termodinâmica implica que o universo, como um todo, caminha para a degeneração. Neste contexto, mesmo diante dos esforços de manutenção do meio, realizados pelas organizações sociais, as condições que garantem a sobrevivência de um sistema um dia chegarão ao fim. Deste modo, as ideias de perpetuação, propostas pela abordagem da Dinâmica Simbiótica, não se

tratam de uma perpetuação pela eternidade e sim uma maximização do tempo em que uma organização social de produção irá perdurar.

5 PRINCÍPIOS PARA ESTUDOS EM ETOLOGIA SINTÉTICA

Historicamente, a descrição de leis universais e a explicação das regras de funcionamento do mundo natural, se deram por meio da descoberta de variáveis que só puderam ser corretamente mapeadas, por meio de experimentos controlados (MacLennan, 1992). No estudo do comportamento humano, a etologia é a abordagem que contempla não só este importante atributo, como também os princípios de integração propostos pela ciência da complexidade.

Em essência, a etologia é uma área de estudo que versa sobre o comportamento animal tendo por base o contexto no qual ele se encontra inserido. Segundo Hinde (1974) e Wilson (2000) este tipo de abordagem se trata em uma boa base para o estudo das leis que regem o comportamento social humano e seus princípios possibilitam aquilo que os autores denominaram de estudo científico do comportamento social.

Para Farmer e Foley (2009) o uso deste tipo de abordagem, que permite a experimentação controlada de interações sociais, é fundamental para mapear as variáveis necessárias para construir políticas públicas e organizacionais consistentes e duradouras. Pyka e Grebel (2006) reforçam tal perspectiva e salientam que a conjuntura atual exige uma investigação mais detalhada dos laços de *feedback* e dos processos dinâmicos ligados à dependência temporal dos sistemas sociais, só possível por meio de experimentos controlados.

Os princípios da etologia incorporam os fundamentos necessários para realizar este tipo de estudo a respeito das complexas relações experimentadas na sociedade humana (Hinde, 1974; Wilson, 2000), cuja base, de acordo com Hinde (1974), reside em dois problemas chave, a motivação e o desenvolvimento. Portanto, a etologia está intimamente ligada à psicologia behaviorista e à psicologia cognitiva, pois as complementa por meio da inserção dos agentes em um contexto pragmático. Por esta razão, os princípios da etologia foram os escolhidos para guiar o tratamento do problema de pesquisa deste trabalho.

Contudo, Pelz et al. (1999, p. 1, tradução nossa) lembram que “o estudo do comportamento humano é um desafio por muitas razões.”⁵² Para Bainbridge (2007, p. 473), os “experimentos com um pequeno número de sujeitos de pesquisa encontram-se limitados a detectar efeitos muito fortes, o que é pouco desejado em casos nos quais diversas variáveis influenciam tanto os resultados, como as relações entre os sujeitos.”⁵³ Já Epstein e Axtell (1996) argumentam que experimentos sociais controlados são difíceis porque:

[...] é difícil testar hipóteses sobre a relação de comportamentos individuais com regularidades macroscópicas, as hipóteses do tipo: Se os indivíduos se comportam de tal maneira – isto é, seguem determinadas regras específicas – então a sociedade como um todo vai expor alguma propriedade particular.⁵⁴ (Epstein & Axtell, 1996, p. 1, tradução nossa)

Já MacLennan (1992) e Squazzoni (2010) ressaltam que estudar o comportamento social, em um ambiente complexo, implica em dificuldades significativas para isolar um número infindável de variáveis. Isso limita as condições de se desenhar um determinado experimento envolvendo o isolamento de variáveis. Além disso, MacLennan (1992) destaca que tais abordagens também carregam expressivas limitações éticas, principalmente quando se estuda o comportamento social humano, já que o isolamento de variáveis pode afetar de maneira significativa a vida dos envolvidos no experimento.

No cenário em pauta, manipular variáveis no estudo do comportamento social humano, pode se tornar algo inviável ou, até mesmo, impossível. Portanto, pode-se dizer que as abordagens tradicionais da etologia, padecem de sérias dificuldades metodológicas (MacLennan, 1992). Neste contexto, as metodologias de etologia sintética se mostram promissoras, já que permitem o isolamento de variáveis e não permitem a interferência de nada que não esteja descrito no modelo. A etologia sintética estuda as interações sociais por meio de simulações em um ambiente artificial que permite interações cooperativas entre os agentes – *simorgs*.

⁵² Do inglês: “The study of human behavior is challenging for many reasons.”

⁵³ Do inglês: “experiments with small numbers of research subjects are limited to detecting very strong effects, which is unlikely to be the case when many different variables influence both the outcomes and each other.”

⁵⁴ Do inglês: “[...] it is difficult to test hypotheses concerning the relationship of individual behaviors to macroscopic regularities, hypotheses of the form: If individuals behave in thus and such a way – that is, follow certain specific rules – then society as a whole will exhibit some particular property.”

Esta abordagem difere das abordagens tradicionais por se utilizar do mundo virtual como um laboratório, capaz de proporcionar a simplicidade e o controle, encontrados em áreas como as abordagens behavioristas, ao mesmo tempo em que proporciona a validação prática e empírica encontrada na etologia clássica. Por ser um ambiente virtual, o pesquisador também não precisa temer destruir os agentes do sistema, o que também colabora para a solução dos problemas éticos ligados à etologia clássica (MacLennan, 1992).

Em essência, pode-se dizer que “tais modelos permitem a criação de uma espécie de universo virtual, em que muitos jogadores podem atuar de maneira complexa – e realista.”⁵⁵ (Farmer & Foley, 2009, pp. 685-686)” Assim, estas metodologias possibilitam que:

cientistas criativos também sejam capazes de projetar experimentos que são viáveis em mundos virtuais, mas nunca foram possíveis antes. Por exemplo, os experimentos podem ser feitos comparando as consequências socioeconômicas das regulamentações governamentais alternativas, algo quase impossível na sociedade em geral.⁵⁶ (Bainbridge, 2007, p. 473)

Portanto, as sociedades artificiais, propostas pela etologia sintética, podem ser vistas como laboratórios que “[...] visam descobrir os mecanismos locais ou micro fundamentos que são suficientes para gerar as estruturas sociais macroscópicas e os comportamentos coletivos de interesse.”⁵⁷ (Epstein & Axtell, 1996, p. 4)

Dentre as possibilidades de modelagem de sociedades sintéticas, a que mais tem se destacado no contexto das ciências sociais é a modelagem baseada em agentes (Billari, Fent, Prskawetz & Scheffran, 2006; Squazzoni, 2010). Isto porque, ela tem por objetivo representar as interações entre pessoas ou animais, inseridos em um contexto complexo que permite capturar uma rica variedade de comportamentos e interações, a partir de regras comportamentais simples, o que

⁵⁵ Do inglês: “Such models allow for the creation of a kind of virtual universe, in which many players can act in complex — and realistic — ways.”

⁵⁶ Do inglês: “Creative scientists may also be able to design experiments that are feasible in virtual worlds but were never possible before. For example, experiments can be done comparing the socioeconomic consequences of alternative government regulations, something next to impossible in society at large.”

⁵⁷ Do inglês: “[...] aim being to discover fundamental local or micro mechanisms that are sufficient to generate the macroscopic social structures and collective behaviors of interest.”

permite entender uma série de fenômenos que eram difíceis de serem capturados pelas abordagens tradicionais (Berryman & Angus, 2010).

De maneira geral, pode-se dizer que a modelagem baseada em agentes, pode enxergar o problema a partir de uma perspectiva de micro simulação de baixo para cima, onde a interação de um conjunto de agentes leva à emergência de comportamentos no macro ambiente (Billari et al., 2006). Este tipo de abordagem se mostra adequada para resolver problemas que representam natureza descentralizada, múltiplas perspectivas e interesses divergentes envolvendo múltiplos atores (Jennings, 2001).

De acordo com Epstein e Axtell (1996) a criação de sociedades artificiais deste tipo, “[...] permite o estudo das diversas esferas da atividade humana a partir de uma perspectiva evolucionária como uma única ciência social, transdisciplinar subordinando áreas como economia e demografia.”⁵⁸ (Epstein & Axtell, 1996, p. 2) Além disso, os tratamentos baseados em agentes são capazes de “[...] simular comportamentos complexos e não lineares que são intratáveis em modelos baseados no equilíbrio.”⁵⁹ (Farmer & Foley, 2009, p. 686)

Entretanto, é preciso ressaltar que este tipo de metodologia:

[...] não pretende fornecer uma representação precisa de uma aplicação empírica particular. Em vez disso, o objetivo da modelagem baseada em agentes deve ser enriquecer a nossa compreensão dos processos fundamentais que podem surgir em uma variedade de aplicações.⁶⁰ (Billari et al., 2006, p. 9)

Apesar de se originarem de modelos matemáticos, os modelos computacionais multiagentes possuem uma natureza diferente dos mesmos. Isso porque, as simulações se baseiam em aproximações de tempo discreto, diferente dos modelos matemáticos que apresentam a variável tempo de maneira contínua (Klee & Allen, 2011). Ainda assim, este tipo de pesquisa, computacional é caracterizada como tendo natureza quantitativa.

⁵⁸ Do inglês: “[...] permits the study of these diverse spheres of human activity from an evolutionary perspective as a single social science, a transdiscipline subsuming such fields as economics and demography.”

⁵⁹ Do inglês: “[...] simulates complex and nonlinear behaviour that is so far intractable in equilibrium models.”

⁶⁰ Do inglês: “[...] does not aim to provide an accurate representation of a particular empirical application. Instead, the goal of agent-based modelling should be to enrich our understanding of fundamental processes that may appear in a variety of applications.”

Todavia:

ao contrário dos modelos matemáticos, estatísticos e de simulação padrão, as abordagens baseadas em agentes permitem aos cientistas sociais: i. alcançar uma correspondência ontológica entre o modelo e o mundo real, uma vez que os agentes individuais podem ser modelados de forma a imitar características cognitivas e sociais dos atores do mundo real; ii. incluir a heterogeneidade dos agentes, por exemplo, em termos de regras de comportamento, informações, recursos, posição numa dada estrutura social, ao passo que os modelos matemáticos padrão geralmente assumem representações de agentes homogêneos, ou do todo, para tratabilidade analítica; iii. o estudo da interação entre os agentes (em várias formas) e suas consequência (a longo prazo) no nível macro, de modo que os resultados macro podem ser diacronicamente estudados como propriedades emergentes da interação local por meio de uma perspectiva *bottom-up*.⁶¹ (Squazzoni, 2010, p. 199)

Apesar dos modelos matemáticos adotados pelas abordagens computacionais se basearem em suposições, como na dedução, este tipo de modelagem não prova teoremas. “Os dados simulados de modelos baseados em agentes podem ser analisados de forma indutiva, embora os dados não sejam oriundos do mundo real, como no caso de indução.”⁶² (Billari et al., 2006, p. 2, tradução nossa) Devido a esta característica, os modelos deste tipo podem ser utilizados para testar hipóteses e explorar, problemas que envolvam a emergência de comportamentos complexos (Berryman & Angus, 2010), como proposto no problema de pesquisa deste trabalho.

Cabe ressaltar que, apesar do enfoque na lógica indutiva, esta abordagem incorpora uma racionalidade diferente da clássica perspectiva positivista, onde a explicação se dá na busca de uma relação de causa e efeito. Nela, a descoberta advém da avaliação das probabilidades de ocorrência de um determinado fenômeno, entre as diversas possibilidades que se apresentam. Segundo Bateson (1967), esta é exatamente a lógica das explicações dadas pela cibernética. Tomando por base as afirmações do autor a respeito das explicações de cunho cibernético, pode-se dizer,

⁶¹ Do inglês: “Unlike mathematical, statistical and standard simulation models, abm allows social scientists to: i. achieve an ontological correspondence between the model and the real-world, since individual agents can be modelled that mimic cognitive and social characteristics of real-world actors; ii. include agents’ heterogeneity, e.g., in terms of behavioural rules, information, resources, position in a given social structures, whereas standard mathematical models generally assume homogenous representative agents, or no agents at all, for analytic tractability; iii. study agent interaction (in various forms) and its (long-term) consequence at the macro level, so that macro outcomes can be diachronically studied as bottom-up emergent properties from local interaction.”

⁶² Do inglês: “The simulated data of agent-based models can be analysed inductively, even though the data are not from the real world as in case of induction.”

então, que os modelos multiagentes permitem estabelecer as restrições que levaram a uma determinada configuração do fenômeno, por meio da compreensão do porque um sistema seguiu um determinado caminho, em detrimento de outro.

Conforme visto anteriormente, tais atributos certamente correspondem a uma evolução em relação aos modelos clássicos. Contudo, assim como qualquer modelo, esta característica torna impossível validar de maneira conclusiva uma hipótese a partir dele. Isso porque, a lógica por trás dos modelos baseados em agentes não é a da prova, mas sim a da refutação. Grande parte do poder científico de um modelo baseado em agentes vem desta habilidade que eles têm de negar uma afirmação a respeito das complexas relações do mundo real (Berryman & Angus, 2010).

Além de tudo o que foi apresentado até então, as abordagens computacionais também já possuem uma ampla história de sucesso em outras áreas das ciências (Epstein & Axtell, 1996) e são vistas desde implementações simples, como o modelo computacional dos sistemas autopoieticos de Varela et al. (1974), até em trabalhos importantes que descrevem dinâmicas ecológicas mais complexas, como os de Lenton e Lovelock (2001).

Mesmo com todas estas vantagens apresentadas até então, de maneira geral, os cientistas sociais demonstram preocupações com relação à aplicação de metodologias vindas das ciências naturais, para descrever e explicar os complexos fenômenos sociais. Devido a esta inquietação, até meados da década de 1990, poucas ações haviam sido feitas no sentido de incorporar tal tipo de metodologia a este tipo de estudo (Epstein & Axtell, 1996).

Contudo, na última década:

o campo da simulação tem experimentado um crescimento explosivo em importância por causa de sua capacidade de melhorar a forma como os sistemas e as pessoas são representados, em um ambiente seguro e controlável, a um custo reduzido.⁶³ (Klee & Allen, 2011, p. XV)

Mesmo ainda se encontrando em um estágio embrionário nas ciências econômicas e sociais, esta abordagem vem fazendo progresso e tem sido geralmente aceita nas pesquisas destas áreas de conhecimento (Epstein & Axtell, 1996; Squazzoni, 2010). Para Buchanan (2009), a crise financeira de 2008 é uma

⁶³ Do inglês: "The field of simulation is experiencing explosive growth in importance because of its ability to improve the way systems and people perform, in a safe and controllable environment, at a reduced cost."

clara evidência desta tendência, já que atraiu um grupo de cientistas da área em direção a tais tipos de enfoques metodológicos (Buchanan, 2009), como Gulden (2013), em seu trabalho a respeito do desenvolvimento dos sistemas de comércio internacional. Billari et al. (2006) e Squazzoni (2010), reforçam tal percepção e destacam que atualmente as simulações sociais baseadas em sistemas multiagentes já tratam-se de uma “[...] área de pesquisa bem reconhecida ao redor da qual orbitam muitas associações e comunidades científicas, conferências e publicações.”⁶⁴ (Squazzoni, 2010, pp. 197-198)

Para Pyka e Grebel (2006, p. 18) isto se deve ao fato de que as circunstâncias contemporâneas, “[...] são congruentes com as possibilidades oferecidas pelas abordagens de simulação.”⁶⁵ Buchanan (2009) concorda com tais perspectivas e ainda defende que as simulações, em especial as modelagens baseadas em agentes, se mostram promissoras e até necessárias para resolver importantes problemas econômicos contemporâneos. Isto porque, por meio deste tipo de metodologia, as “[...] relações entre processos em diferentes níveis que sempre foram difíceis de capturar em pesquisas de ciências sociais, agora podem ser investigadas detalhadamente.”⁶⁶ (Squazzoni, 2010, p. 199)

Para Farmer e Foley (2009, p. 686, tradução nossa) “se bem feito, o método baseado em agentes pode fornecer uma compreensão sem precedentes das propriedades que emergem da interação entre as partes, em circunstâncias complexas, onde a intuição falha.”⁶⁷ Isso torna esta metodologia capaz de levar à compreensão de problemas onde não haja uma solução analítica, como as interações sociais e outros tipos de modelos não lineares (Billari et al., 2006; Farmer & Foley, 2009). Este tipo de abordagem pode, inclusive, trazer vantagens ao lidar com uma série de problemas políticos, já que aponta ser capaz de orientar os legisladores em seus processos de tomada de decisão, mesmo quando estes possuem pouco conhecimento econômico (Gulden, 2013; Squazzoni, 2010).

⁶⁴ Do inglês: “[...] well-recognized research area around which many scientific associations and communities, conferences, and publications revolve.”

⁶⁵ Do inglês: “[...] are congruent with the possibilities offered by simulation approaches.”

⁶⁶ Do inglês: “[...] relation between processes at different levels that is always difficult to capture in social science research, now may be investigated in fine detail.”

⁶⁷ Do inglês: “Done right, the agent-based method can provide an unprecedented understanding of the emergent properties of interacting parts in complex circumstances where intuition fails.”

5.1 CARACTERÍSTICAS DE UM EXPERIMENTO DE ETOLOGIA SINTÉTICA

Diferente das tratativas da economia neoclássica, em um experimento de vida virtual, como aqueles propostos pela abordagem da etologia sintética, os agentes vivem em um mundo artificial onde podem ter vida limitada e seus estados internos podem variar no decorrer de suas interações com outros agentes, ou com o ambiente. Deste modo, esta perspectiva permite que haja heterogeneidade entre as criaturas, que podem se adaptar e mudar no decorrer das suas interações (Epstein & Axtell, 1996).

Um aspecto importante, levantado por MacLennan (1992) é que a simulação de um problema em um experimento deste tipo, deve se ater aos requisitos mínimos para que haja a emergência do comportamento de estudo. Como *setup* básico, o autor propõe que sete questões precisam ser resolvidas: o *design* de um ambiente, a modelagem dos *Simorgs* (agentes), a aptidão destes agentes, o ciclo de nascimento e morte, o aprendizado, o que é transferido de geração para geração e o que é medido no experimento.

Já Epstein e Axtell (1996) afirmam que “[...] tais experimentos computacionais envolvem três ingredientes básicos: agentes, um ambiente ou espaço, e regras.”⁶⁸ (Epstein & Axtell, 1996, p. 4) As regras têm como objetivo reger a dinâmica de renovação e disponibilidade de recursos do ambiente, o comportamento individual dos agentes e a forma como estes realizam suas interações com os demais agentes e com o ambiente. Neste contexto, tanto os agentes, como o ambiente, podem ser tratados como objetos que se sujeitam a este conjunto de regras específicas (Epstein & Axtell, 1996)

Tomando-se por base os ingredientes propostos pelos autores, pode-se dizer que este tipo de experimento, é formado basicamente de regras associadas a dois tipos de componentes básicos, as criaturas e o ambiente. As criaturas são agentes autônomos que habitarão um ambiente virtual (Billari et al., 2006; Epstein & Axtell,

⁶⁸ Do inglês: “[...] such computer experiments involve three basic ingredients: agents, an environment or space, and rules.”

1996). Já o ambiente é o espaço onde estas criaturas deverão interagir (Epstein & Axtell, 1996).

As criaturas ou “agentes são personagens computacionais que atuam de acordo com um *script* definido, direta ou indiretamente, por um usuário. Eles podem atuar isoladamente ou em comunidade formando sistemas multiagentes.” (Garcia & Sichman, 2005, p. 269) Para agir, estas criaturas precisam, portanto, ter um conjunto de regras básicas que governam suas ações mas, ao mesmo tempo, garantem sua autonomia (Billari et al., 2006; Epstein & Axtell, 1996). Já os elementos que compõem o cenário precisam ter regras ditando como estes se regeneram e são consumidos, sendo que esta renovação e este consumo podem se dar tanto de maneira instantânea como por meio de um crescimento associado à evolução temporal (Epstein & Axtell, 1996).

De acordo com Wooldridge e Jennings (1995), nesta área de pesquisa há duas noções de agente, a noção fraca e a noção forte. A noção fraca denota um conjunto de hardware e software que possui as propriedades ilustradas no quadro 15. Já a noção forte se refere às abordagens adotadas, predominantemente, nos estudos de inteligência artificial. Esta contempla, além das características encontradas no quadro 15, outros atributos típicos dos seres humanos como conhecimento, crenças, intenções etc.

Quadro 15: Propriedades de um agente segundo a noção fraca.

<p><i>Autonomia:</i> os agentes operam sem intervenção direta de humanos ou outras e possuem algum tipo de controle sobre suas ações e seus estados internos;</p> <p><i>Habilidade social:</i> os agentes interagem com outros agentes (e possivelmente com humanos) por meio de algum tipo de linguagem de comunicação entre agentes;</p> <p><i>Reatividade:</i> os agentes percebem seu ambiente (que pode ser o mundo físico, um usuário via uma interface gráfica, uma coletânea de outros agentes, a internet, ou talvez todos esses combinados), e responde de uma maneira elegante e oportuna às mudanças ocorridas no mesmo;</p> <p><i>Pró atividade:</i> os agentes não apenas simplesmente agem em resposta ao ambiente, eles são capazes de exibir um comportamento direcionado por objetivos, tomando a iniciativa.</p>

Fonte: Wooldridge e Jennings (1995, p. 116)

Quando inseridos em um contexto dado pelas regras do ambiente e das demais criaturas com as quais terão que interagir, os agentes devem ser capazes de

resolver problemas em um ambiente parcialmente controlado, visando atingir objetivos individuais e comuns. As interações exigem flexibilidade e normalmente ocorrem em nível de conhecimento, por meio da comunicação entre os múltiplos agentes e o ambiente, e precisam ser capazes de capturar a natureza da relação entre os agentes. Por isso, estes devem ter seus sistemas internos construídos de maneira explícita para modelar suas relações (Jennings, 2001).

No âmbito da inteligência e do processo de tomada de decisão, Russell e Norvig (2003) destacam que a inteligência artificial de um conjunto de agentes pode ser definida em quatro categorias, com diferentes níveis de complexidade, que podem ser vistas no quadro 16. Estas definições orbitam em torno de duas dimensões, o processo de pensamento e a razão.

Quadro 16: Quatro categorias de definições de inteligência artificial

Sistemas que pensam como humanos	Sistemas que pensam racionalmente
Os seguidores desta abordagem se apropriam das ideias da ciência cognitiva para reproduzir, por meio de um programa de computador, o funcionamento da mente humana. Quanto mais próximos do comportamento humano forem os resultados das entradas, saídas e comportamento temporal destes modelos, mais precisos eles serão considerados. Neste contexto, o sistema não precisa ser capaz de encontrar uma resposta correta, mas somente representar bem a performance humana.	Os autores desta linha, buscam construir sistemas artificiais que se baseiam na razão. Para tal, se apropriam dos princípios da lógica para chegar a conclusões corretas, por meio de premissas apropriadas. Esta abordagem, apresenta dificuldades, já que é difícil transformar conhecimento informal na notação formal requerida pela lógica, que exige uma certeza de no mínimo 100%. Isso leva este tipo de sistema a apresentar dificuldades para resolver problemas práticos, apesar de estarem aptos a isso.
Sistemas que agem como humanos	Sistemas que agem racionalmente
Para os que adotam esta abordagem, os sistemas devem ser capazes de se passar por humanos quando confrontados. Para isso os sistemas devem ser capazes de processar naturalmente a linguagem, armazenar e usar o conhecimento armazenado, se adaptar à situações, extrapolar padrões e perceber e manipular objetos.	Para esta visão, se baseia no conceito de agentes que se distinguem de meros programas, já que são controlados de maneira autônoma. Estes agentes percebem o ambiente à sua volta, se adaptam à mudança e são capazes de perseguir metas. Portanto, estes agentes devem estar aptos a tomar boas decisões em uma ampla variedade de condições.

Adaptado de: Russell e Norvig (2003)

Determinar se um agente deve ser complexo ou não é um fator chave para uma modelagem deste tipo (Billari et al., 2006). De acordo com Epstein e Axtell (1996), neste tipo de experimento cada agente precisa possuir um conjunto de

regras e estados internos que descrevam seu comportamento. Estas regras e estados podem ser dados tanto por estados fixos como por estados variáveis e podem ter limites ou ser ilimitados. Quando os agentes possuem valores diferentes para estes atributos, a população pode ser tida como heterogênea (Epstein & Axtell, 1996), o que se trata de um importante atributo para o modelo já que, conforme lembram Pyka e Grebel (2006), os cenários econômicos baseados na complexidade, devem comportar este tipo de característica.

Se necessário para determinar as relações, os agentes também podem ter como características as habilidades essenciais para que possam sobreviver ou se replicar (MacLennan, 1992). Destarte, eles podem ter, por exemplo, regras que descrevam seu metabolismo e estados internos que indiquem em que condições se encontram suas reservas (Epstein & Axtell, 1996).

Na prática, o que se observa é que:

agentes reais buscam reduzir a complexidade de acordo com suas necessidades e se ajustar ao seu ambiente social, às vezes levando a um comportamento coletivo bastante simples, apesar do potencial para a complexidade individual.⁶⁹ (Billari et al., 2006, p. 4)

Billari et al. (2006, p. 6) ainda lembram que “um modelo completo, baseado em agentes, teria que incluir ambos os sistemas sociais e naturais e respectivos agentes, o que é uma tarefa desafiadora.”⁷⁰ De acordo com Farmer e Foley (2009) o grande desafio que emerge deste cenário é definir as regras que regem o comportamento dos agentes de forma que estas sejam suficientes para imitar o comportamento real dos mesmos, mas não sejam demasiadamente complexas. Isto porque:

uma tentativa de modelar todos os detalhes de um problema real, pode conduzir rapidamente a uma simulação complicada onde é difícil determinar as relações de causa e efeito. Para tornar útil uma modelagem baseada em agentes, deve-se proceder de forma sistemática, evitando suposições arbitrárias, embasando e testando cuidadosamente o realismo de cada peça

⁶⁹ Do inglês: “Real agents seek to reduce complexity according to their needs and adjust to their social environment, sometimes leading to rather simple collective behaviour, despite the potential for individual complexity.”

⁷⁰ Do inglês: “A complete agent-based model would have to comprise both social and natural systems and respective agents, which is a challenging task.”

do modelo e introduzindo uma complexidade adicional, somente quando ela é necessária.⁷¹ (Farmer & Foley, 2009, p. 686)

MacLennan (1992) concorda com tal perspectiva e destaca que ao formular um ambiente em um experimento de etologia sintética é preciso descrever os requisitos mínimos para que o ambiente possibilite a emergência dos comportamentos que se pretende estudar, evitando complexificar o cenário além do necessário. O autor também lembra que não é preciso criar elementos de cenário familiares, como comida, água, temperatura. É possível buscar princípios generalizáveis, baseando o mundo artificial do experimento apenas em regras físicas que determinem o que deverá ser feito pelos agentes.

Em síntese, pode-se dizer que o desafio da modelagem baseada em agentes consiste na busca pela máxima simplificação do conjunto de regras envolvendo os agentes e o ambiente, sem que se perca as propriedades necessárias para que este possibilite a emergência dos comportamentos em estudo. Este desafio é ampliado pela pouca maturidade da área que, conforme visto anteriormente, ainda não apresenta procedimentos consolidados e exige do pesquisador um grande esforço empírico para desenvolvimento e calibragem dos modelos que pretende experimentar.

⁷¹ Do inglês: “An attempt to model all the details of a realistic problem can rapidly lead to a complicated simulation where it is difficult to determine what causes what. To make agent-based modelling useful we must proceed systematically, avoiding arbitrary assumptions, carefully grounding and testing each piece of the model against reality and introducing additional complexity only when it is needed.”

6 PROCEDIMENTOS DE PESQUISA

Diante dos objetivos apresentados, pode-se dizer que o presente esforço de pesquisa consiste em uma investigação com fins explicativos já ela busca ampliar a capacidade de generalização dos princípios (Cooper & Schindler, 2003) que regem as dinâmicas relacionadas ao problema estratégico. Os princípios em pauta, partem das obras de Terra (2010) e Terra e Passador (2014) que versam sobre as dinâmicas socioeconômicas que envolvem o problema estratégico e descrevem as relações entre as organizações e seus supra e subsistemas. As hipóteses relativas às premissas que sustentam as concepções dos autores, ao final de seu estudo fenomenológico, se encontram listadas no quadro 17 e consistem no objeto de teste do presente esforço de pesquisa.

Quadro 17: Hipóteses a serem testadas

Hipóteses a serem testadas		
#	Hipótese nula H_0	Hipótese alternativa H_1
1	A dinâmica dos sistemas sociotécnicos descritos pela dinâmica simbiótica não é autopoietica.	A dinâmica dos sistemas sociotécnicos descritos pela dinâmica simbiótica é autopoietica.
2	Incorporações de novos agentes e subsistemas não consistem em um risco para as organizações.	Incorporações de novos agentes e subsistemas consistem em um risco para as organizações.
3	Organizações com estruturas menores não possuem maior capacidade de sobrevivência do que as organizações de maior porte, em caso de crise de recursos.	Organizações com estruturas menores possuem maior capacidade de sobrevivência do que as organizações de maior porte, em caso de crise de recursos.
4	A dinâmica dos sistemas sociais não implica no surgimento de rupturas sucessivas que geram novas configurações estáveis.	A dinâmica dos sistemas sociais implica no surgimento de rupturas sucessivas que geram novas configurações estáveis.
5	As organizações que trabalham em prol da estabilidade do meio em seu favor, não tendem a sobreviver por mais tempo do que aquelas que não o fazem.	As organizações que trabalham em prol da estabilidade do meio em seu favor, tendem a sobreviver por mais tempo do que aquelas que não o fazem.
6	Os agentes reguladores centrais não contribuem para ampliar a longevidade dos sistemas socioeconômicos.	Os agentes reguladores centrais podem contribuir para ampliar a longevidade dos sistemas socioeconômicos.
7	O balanço entre capacidade de regeneração do ecossistema e o consumo de recursos não é importante para longevidade dos sistemas socioeconômicos.	O balanço entre capacidade de regeneração do ecossistema e o consumo de recursos é importante para longevidade dos sistemas socioeconômicos.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Terra (2010) e Terra e Passador (2014).

Uma vez que o isolamento e a manipulação de certas variáveis em um ambiente real seria inviável para um experimento social desta magnitude, seja pela impossibilidade de manipulação destas em um contexto real, seja por questões éticas, optou-se por um procedimento de pesquisa, baseado em um experimento de etologia sintética. Este foi desenvolvido através de modelagem multiagentes que, conforme visto no capítulo 5, possibilita testar hipóteses a respeito da emergência de padrões e regularidades de um sistema complexo, a partir da interação entre seus componentes, cujo comportamento é regido por um conjunto sintético de regras individuais.

A capacidade de descrever dinâmicas complexas, a partir de interações oriundas das menores partes de um sistema e a lógica baseada na refutação, torna este tipo de ferramenta adequada para descrever complexos fenômenos sociais, principalmente quando se propõem à testar hipóteses, como as levantadas a partir dos trabalhos de Terra (2010) e Terra e Passador (2014) – ver capítulo 5.

Entretanto, apesar de ser uma área em franco crescimento, a configuração e análise de modelos baseados em agentes, ainda apresenta desafios. De acordo com Hamill (2010) as perguntas sobre qual é o número ideal de agentes, qual é a quantidade adequada de turnos, como agregar os resultados e como realizar a análise dos modelos, ainda não se encontram respondidas pelas pesquisas da área. Conforme lembra o autor, por ser uma área ainda recende, muitas das boas práticas ainda não foram desenvolvidas, o que deixa tais perguntas em aberto. Deste modo, o *design* do simulador e dos procedimentos experimentais teve que se basear, em grande parte, em calibrações empíricas e transposições das técnicas de análise utilizadas por pesquisas em áreas diversas das ciências sociais, conforme será visto nos capítulos a seguir.

6.1 MATERIAIS UTILIZADOS

Em um experimento de etologia sintética, baseado em modelos multiagentes, os agentes podem ser vistos como um conjunto de objetos que se comportam dentro de regras específicas. Diante disso, parece natural que a escolha de uma linguagem orientada a objetos seja a mais adequada para lidar com este tipo de experimento, especialmente se esta for voltada a construção modelos computacionais multiagentes. Em decorrência da adequação a estas características, o *software* que foi utilizado para este experimento foi o Netlogo 5.1.0. Este *software* trata-se de uma aplicação especializada para modelagem de simulações de sistemas multiagentes, baseada em linguagem Logo.

A característica determinante para escolha do NetLogo, como ferramenta para execução deste conjunto de experimentos, foi que ele não prende o pesquisador em modelos pré-definidos, como outras aplicações específicas. Por ser baseado em uma linguagem simples, flexível, orientada a objetos e específica, o NetLogo se torna altamente eficaz para este tipo de aplicação (Hamill, 2010). Ele permite a programação completa e irrestrita de especificidades dos agentes ao mesmo tempo em que não descarta as facilidades de outras aplicações, como uma rica biblioteca de exemplos, para facilitar a incorporação de características tradicionalmente aceitas, e também um amplo ferramental gráfico que favorece o desenvolvimento da interface do modelo e a visualização dos resultados da simulação (Berryman & Angus, 2010).

Devido à pesada carga de processamento, necessária para cada simulação, foram usados vários sistemas de *hardware* ao longo dos experimentos. São eles: (1) um AMD Athlon XP 3500+ com 2GB de RAM, rodando o sistema operacional Microsoft Windows Vista; (2) um Intel Core i7-3820 3.60 GHz com 8GB de RAM, rodando o sistema operacional Microsoft Windows 7, (3) um Macbook Pro Intel Core 2 Duo 2.4GHz com 8GB de RAM, rodando MacOS 10.10.1; (5) um Intel Pentium IV 3.0GHz com 2GB de RAM, rodando Windows Vista; (6) um Macbook Intel Core 2 Duo 2.0Ghz com 2GB de RAM, rodando MacOS 10.5.8; (7) um Intel Core i7 2.7Ghz com 8GB de RAM, rodando o sistema operacional Microsoft Windows 7; (8) um MacBook Pro Intel Core i7 2.6GHz com 16GB de RAM, rodando Microsoft Windows 7; (9) um Intel i7-870 2.93GHz com 8GB de RAM, rodando Windows 8; (10) um Intel Pentium IV 2.6GHz com 2GB de RAM, rodando o sistema operacional Microsoft

Windows XP; (11) um Intel Core 2 Duo 3.0GHz com 3GB RAM, rodando Microsoft Windows 7 e; (12) um Intel Core i7-4900 2.8GHz com 16GB de RAM, rodando o sistema operacional Microsoft Windows 7.

Todos os equipamentos estavam com todos os pacotes de atualização instalados e a implementação mais atualizada da máquina Java, durante o período compreendido entre Outubro de 2013 e Fevereiro de 2015, época em que a aplicação foi desenvolvida, testada e os experimentos foram realizados.

Nestes sistemas, o tempo de cada rodada de simulação variou entre cerca de 8 minutos e 512 horas, dependendo da máquina utilizada e dos testes que estavam sendo realizados em cada rodada de experimentação. Via de regra, as operações mais demoradas envolveram os testes relacionados à verificação das hipóteses relativas ao papel do agente regulador e as hipóteses relativas ao papel do laço cooperativo entre ambiente e organização. Nestes casos, a maior parte das simulações relevantes, demoraram mais de 8 horas cada, para serem executadas.

Alguns dos procedimentos de análise realizados, também envolveram testes *t* de Student para comparação de médias. Estes foram feitos por meio do *software* SPSS 20, sempre no Macbook Pro (máquina 3), supracitado.

6.2 DESIGN DO MODELO DE CONTROLE UTILIZADO NA SIMULAÇÃO

Conforme mostrado no capítulo 5 os modelos de simulação multiagentes precisam atender a certos atributos. Os agentes, tomados individualmente, precisam ter definidos seus parâmetros de ação, de aprendizado, envelhecimento etc. Ao mesmo tempo, a simulação deve se manter o mais simples possível, para permitir a emergência do comportamento esperado e permitir o devido acompanhamento do fato gerador deste comportamento. O mesmo tipo exigência também ocorre em relação ao ambiente no qual as criaturas deverão interagir. Estes também deverão

contar com regras próprias que permitam entender seus mecanismos de consumo e regeneração e como estes interagirão com os agentes, objeto da análise.

Com base nestas proposições, este trabalho se ateve à construção de um contexto que fosse representativo do comportamento que pretendia testar, ao mesmo tempo em que mantinha a maior simplicidade possível para possibilitar a análise do problema em pauta.

As principais regras adotadas e processos usados para análise dos resultados, serão tratados nos capítulos a seguir. O algoritmo completo do modelo, desenvolvido para NetLogo 5.1.0, também pode ser visto no apêndice A, onde poderão ser consultados os pormenores da implementação do mesmo que não estejam totalmente contemplados nesta descrição.

6.2.1 Calibragem do modelo

Para servir como ponto de partida do modelo, foi escolhido um conjunto de variáveis iniciais, em alguns casos arbitrárias, em outros definidas com base em outros modelos ou dados observados no mundo real. Estas variáveis, foram intensivamente testadas durante um período de 6 meses, totalizando aproximadamente 6000 horas de processamento, nos computadores 1, 2, 3 e 10, para atingir uma calibragem satisfatória do modelo. Portanto, todos os ajustes de variáveis apresentados, consistem de resultados empíricos, obtidos por meio destes testes de balanceamento do modelo.

Foi considerada satisfatória, a configuração que permitiu a emergência dos comportamentos alvo do estudo, com maior estabilidade do modelo na situação padrão. A situação padrão foi definida como aquela onde os agentes processam e transacionam mercadorias, se utilizando de sistemas técnicos que permitam alavancar sua produtividade, sem que haja nenhuma ação visando a integridade do suprassistema, representado pelo ambiente. Ela foi prioridade na calibragem, pois foi a referência central para o estudo dos comportamentos desejados e o nível de estabilidade e longevidade a ser superado pelas demais configurações em teste.

Uma outra questão que foi considerada para os experimentos, diz respeito à semente usada pelo gerador de números aleatórios do NetLogo. Para permitir a reprodutibilidade dos experimentos, envolvendo análise qualitativa e quantitativa de um grupo de ocorrências dentro de uma única rodada de simulação, foi adotada como padrão, uma semente personalizada, valendo 76.913. Este valor, foi obtido através da função “Aleatório” do Microsoft Excel 2011 que na ocasião retornou o número 0,76913. Como esta função sempre retorna um número entre zero e um, este foi multiplicado por 10.000, com o objetivo de transformá-lo em um inteiro que promovesse grandes saltos no gerador de números aleatórios.

Já para as comparações feitas entre rodadas distintas de simulação, esta semente foi determinada pelo mecanismo de geração de sementes aleatórias, baseado no tempo, incorporado no NetLogo. Por não serem passíveis de reprodução, a maioria das rodadas feitas com esta abordagem foram usadas exclusivamente em testes estatísticos. Entretanto, algumas destas, geraram casos com comportamentos que podiam ilustrar certos tipos de fenômenos encontrados no decorrer deste estudo. Estes também foram usados como referências ilustrativas para algumas análises qualitativas do problema, mas sempre acompanhados dos resultados das sementes fixas.

Os detalhes da calibragem de cada função e variável do modelo, serão descritos em momento oportuno.

6.2.2 Características do ambiente

Conforme detalhado no capítulo 5, ao formular um ambiente em um experimento de etologia sintética não é necessário criar elementos de cenário familiares, mas é preciso descrever as regras físicas que determinam o que o agente deverá fazer, se atendo aos requisitos mínimos para que o ambiente possibilite a emergência dos comportamentos que se pretende estudar. Com o objetivo de atingir a simplicidade sugerida por Farmer e Foley (2009) e MacLennan (1992), a base do

cenário foi um quadrado plano de 401 x 401 locações, totalizando 160.801 locações, por onde os agentes puderam se deslocar livremente.

Para adequar este mundo à hipótese da dinâmica simbiótica, optou-se por seguir os princípios da teoria de Gaia, em especial as formulações do Mundo das Margaridas, que embasam a concepção de ecossistema e mesmo de sistema sociotécnico da dinâmica simbiótica. A referência para construção deste cenário foi o modelo da teoria de Gaia escrito por Uri Wilensky para a biblioteca do NetLogo. Entretanto, este modelo era demasiadamente simples para o experimento em questão, pois contava com apenas dois tipos de plantas em um contexto de relativa instabilidade. Por este motivo, apenas as funções relativas à temperatura foram aproveitadas. O restante do modelo teve que ser totalmente reescrito para se adequar às necessidades deste experimento.

Com o objetivo de garantir a capacidade de compensação do sistema ambiental, por meio da diversidade, adotou-se a proposição de diversificação do ambiente proposta na análise de Lenton (1998). Para tal, foram criados cinco tipos de elementos “vivos” que cresciam em cada locação, espontaneamente e podiam ser consumidos pelos agentes em qualquer tempo e 3 elementos não vivos. Os elementos vivos foram denominados de Grão 1, Grão 2, Planta 1, Planta 2 e Planta 3 e os não vivos de Gelo, Terra e Água. Conforme previra Lenton, a inserção destes elementos abióticos, representados pelo gelo, a terra e a água, aumentaram de maneira significativa a estabilidade do sistema.

No início da simulação, Terra, Gelo, plantas e grãos foram distribuídos igualmente, de maneira aleatória sobre o cenário. A Água compunha 70% do balanço da temperatura, mas só fazia parte das bordas direita e inferior do quadro de locações, para garantir a difusão de sua temperatura. Portanto, não havia interação dos agentes com o elemento Água. O elemento Água foi introduzido nesta proporção, pois esta representa aproximadamente proporção de água na superfície da Terra e sua introdução gerou grande estabilidade no ambiente, como era de se esperar.

Na condição de partida, as plantas e grãos tiveram seu tempo restante de vida definido randomicamente para no máximo 20 turnos. Isto gerava um pequeno descompasso entre as mortes, evitando um colapso natural logo no início da

simulação. A partir do momento zero, quando este tempo de vida era introduzido. A própria variabilidade do processo de regeneração se encarregava de distribuir os tempos de vida de maneira uniforme ao longo dos turnos.

Este sistema absorvia uma determinada quantia de energia de uma fonte externa, análoga ao sol, que era convertida para uso dos agentes pelos elementos “vivos” de cada locação, em especial os Grãos 1 e 2. Estes também eram responsáveis por absorver calor, de acordo sua capacidade de reflexão, influenciando na temperatura global que era dada pela média de temperatura local de todas as locações do cenário, assim como no modelo do mundo das margaridas.

A temperatura local de cada locação foi calculada por meio da média simples entre a temperatura absorvida pelo elemento presente na mesma e a temperatura geral do cenário, acrescida difusão de 50% da temperatura das locações vizinhas, o que visava amenizar o efeito de transições bruscas. O número de 50% também foi obtido por meio de testes empíricos, variando de 5% em 5% até o total de 100% de difusão. Ao final, optou-se pelo valor de 50%, mesmo usado por Uri Wilensky em seu modelo do mundo das margaridas, incorporado na biblioteca do NetLogo.

Assim como no caso do Mundo das Margaridas de Lovelock e Kaplan (1975), cada espécie de elementos vivos possuía maior ou menor habilidade de reter ou refletir esta energia, de acordo com seu albedo⁷², característica que foi posteriormente usada como referência para determinar a disponibilidade de energia de cada tipo de elemento. Para determinar a temperatura absorvida em cada locação, foi utilizada a mesma função presente no modelo de Uri Wilensky, onde a temperatura (t) era dada por $t = 72 * \ln(1 - albedo) + 80$, lembrando que a temperatura da locação, especificamente, é dada pela média desta, pela temperatura global, acrescida da difusão da temperatura local.

As populações de grãos e plantas também eram influenciadas por diferentes níveis de temperatura no ambiente que afetavam sua probabilidade de reprodução e sobrevivência. A morte dos recursos se dava por meio do tempo de vida definido no momento de seu nascimento, através de inaptidão para uma dada temperatura, ou ainda pelo consumo ou morte provocada pelos agentes.

⁷² Albedo é a medida relativa de luz refletida de um corpo, sendo 1 o albedo de um corpo com a máxima reflexão e 0 o albedo de um corpo que absorve toda a luz à qual é submetido.

O tempo de vida dos elementos do cenário era definido através de números randômicos gerados a partir de uma distribuição normal – função *random-normal* no NetLogo –, tendo como média ($\bar{X}$) o valor dado pela expressão $\bar{X} = [(1 - albedo) * 10]^2$ e desvio padrão (σ) dado por $\sigma = \frac{(1-albedo)*5}{2}$. A distribuição normal, foi utilizada na geração de números aleatórios no decorrer desta pesquisa, por representar uma função de densidade de probabilidades encontrada usualmente no desdobramento de fenômenos naturais (Peirce, 1974). Já as expressões propostas, foram escolhidas as que possibilitavam a maior estabilidade do sistema, entre dez alternativas testadas em relação a um dado percentual do albedo.

Sem o amortecimento gerado pelo tempo de vida aleatório para os componentes do ambiente, as tentativas de equilibrar o sistema falharam, devido à mudança brusca de temperatura que ocorria no momento da morte dos mesmos. Já com o amortecimento o sistema tendeu a se equilibrar com maior facilidade, já que as plantas e grãos de uma determinada espécie não eram mortas de uma vez. Pelo contrário, o que se observou foi que, mesmo diante de drásticas reduções, nenhum destes chegou a zero no piloto de testes com 1000 turnos e estes tiveram recuperação mais gradual após introdução do amortecimento.

A temperatura ideal (t_i) para sobrevivência de um dado elemento do cenário era dada pela expressão $t_i = \frac{(72*\ln(1-albedo)+80)+tb}{2}$, onde tb é a temperatura base, definida em 14° para manter certa similaridade com a temperatura terrestre. Deste modo, cada elemento do cenário estaria plenamente apto a viver em um mundo estabilizado nesta temperatura e cercado de outros como ele. Os limites de sobrevivência eram dados por números randômicos baseados na distribuição normal com a média dada por t_i e desvio padrão (σ_i) definidos pelas funções limites, apresentadas no quadro 18 para cada um dos elementos. Estas últimas também foram obtidas a partir de ensaios, visando definir qual seria o multiplicador ou divisor ideal para as mesmas, de forma a ter uma simulação de controle relativamente duradoura.

Portanto, o ambiente também esteve sujeito a “tragédias” oriundas de comportamentos emergentes, já que a variação nas populações também implicava em variações na quantidade de energia gerando “calor” no ambiente e vice-versa. Assim como nas versões do mundo das margaridas, o ambiente deste modelo se

baseou nas abordagens de Watson e Lovelock (1983) e, mais especificamente, nas ampliações do mundo das margaridas propostas por Lenton e Lovelock (2001) e Lenton (1998).

A calibragem do albedo de cada um dos elementos do ambiente, partiu dos dados de Dobos (2006, p. 65), sobre esta variável na crosta terrestre. Este define o albedo de gramíneas como sendo entre 0,1 e 0,25, o das florestas entre 0,05 e 0,2, o da areia entre 0,2 e 0,4, o da neve por volta de 0,9 e o da água entre 0,1 e 1. Com base nestes dados foram feitos experimentos entre os intervalos propostos pelo autor, variando o albedo em 0,05 para achar a configuração que impunha maior proximidade da temperatura ambiente com a temperatura base do sistema, definida como 14°. Para o elemento gelo, foram testadas três configurações, variando o albedo deste elemento 0,05 para cima e 0,05 para baixo em relação ao da neve. Os resultados desta seleção também podem ser vistos na síntese dada no quadro 18.

Tanto o Grão 1 como o Grão 2 eram capazes de ofertar componentes necessários à vida dos agentes – energia e metabólitos. A quantidade de metabólitos disponibilizada por cada um destes pode ser vista no quadro 18. Já a energia máxima ofertada (e_{max}) era calculada por meio da expressão $e_{max} = (1 - albedo) * 15$. Esta expressão foi obtida por meio de testes empíricos variando o multiplicador da expressão $1 - albedo$ em 2,5 até se obter um desempenho adequado no modelo de controle.

Quadro 18: características dos elementos do cenário.

Item	Cor	Albedo	Metabólitos	Funções Limites
Grão 1	42	0,2	0	$\sigma_l = t_i * albedo$
Grão 2	43	0,22	10	$\sigma_l = \frac{t_i * albedo}{1,5}$
Planta 1	51	0,1	-	$\sigma_l = t_i * albedo * 1,15$
Planta 2	52	0,125	-	$\sigma_l = t_i * albedo$
Planta 3	53	0,15	-	$\sigma_l = \frac{t_i * albedo}{1,15}$
Terra	32	0.25	-	-
Gelo	3	0.85	-	-
Água	105	0.655	-	-

Fonte: elaborado pelo autor.

Quanto à regeneração das áreas do cenário, a escolha do tipo de planta ou grão que nasceria em cada espaço foi dada por uma função de semeadura que escolhia aleatoriamente um dos elementos de cenário, presentes na vizinhança de Von-Neumann⁷³ da locação alvo. Este elemento era avaliado por uma função de probabilidade que definia suas chances de se desenvolver. Esta abordagem é similar àquela adotada por Uri Wilensky em seu mundo das margaridas, entretanto, ao invés de usar a parábola proposta pelo mesmo, também foi usada a probabilidade baseada na distribuição normal, com média dada por t_i e desvio padrão por σ_i . Já o tempo de crescimento destas, quando se desenvolviam, era definido através de números randômicos gerados a partir de uma distribuição normal, tendo como média ($\bar{Y}$) o valor dado pela expressão $\bar{Y} = [(1 - albedo) * 5]$ e desvio padrão (σ_c) dado por $\sigma_c = (1 - albedo)$.

As imagens nas figuras 16 e 17 ilustram a condição inicial e a condição do cenário após 1000 turnos, com a semente adotada como padrão para o gerador de números aleatórios. É possível notar que o sistema se estabiliza formando grandes nichos de plantas de um único tipo, com predominância no longo prazo dos Grãos 1 e 2.

Figura 16: Cenário inicial.

Fonte: Simulação sem agentes com a semente do gerador de números aleatórios igual a 76913.

Figura 17: Cenário após 1000 turnos.

Fonte: Simulação sem agentes com a semente do gerador de números aleatórios igual a 76913.

⁷³ A vizinhança de Von-Neumann compreende as quatro células que cercam ortogonalmente uma célula central.

Por fim, este ambiente foi permeado de agentes capazes de agir socialmente, explorar os recursos e tomar decisões. Inicialmente foram introduzidos 50 agentes no cenário após 30 turnos de simulação, para permitir certo nível de adaptação do ambiente antes do início da exploração. Estes números foram obtidos por testes empíricos buscando maior estabilidade do sistema padrão.

Os agentes desenvolvidos para este modelo de simulação podiam consumir grãos de imediato ou processando-os e também armazenar indefinidamente as plantas em inventário. Para tal, escolhiam entre estas ações e, posteriormente, se dirigiam ao item mais próximo para possibilitar esta interação, entre os disponíveis em um raio de 10 locações ao seu redor. Neste contexto, a predominância dos Grãos 1 e 2 foi importante para viabilizar maior estabilidade quando os agentes foram inseridos, já que estes consumiam estes componentes do cenário em volume significativamente maior do que as plantas.

Quando consumiam os grãos, diretamente no cenário, a quantidade de energia que os agentes obtinham do Grão 1 era dada por 66,6...% da energia total do mesmo, enquanto a absorção da energia do Grão 2 era dada por 33,3...% da energia máxima deste último. Já a quantidade de metabólitos absorvida no consumo direto do Grão 2 era de apenas 25% do limite de metabólitos. Entretanto, os agentes também tinham a opção de processar os Grãos para armazenamento. Para tal, precisavam se utilizar da Planta 2, para processar o Grão 2, e da Planta 3, para processar o Grão 1.

Para processamento, as plantas deveriam estar armazenadas em inventário e eram imediatamente consumidas quando um agente encontrava um terreno com o grão correto para processar. Quando processados, o Grão 1 se transformava no Produto 1 e o Grão 2 no Produto 2. Além destes poderem ser armazenados pelos agentes, diferente do grão em estado natural que não podia ser armazenado, também disponibilizavam vantagens em seu consumo. O Produto 1 entregava 100% do limite máximo de energia, enquanto o Produto 2 100% do limite de metabólitos. Estes produtos também podiam ser consumidos a uma taxa de mais de uma unidade por rodada de ação, diferente da alimentação direta, que era limitada ao consumo de um tipo de grão por rodada de ação.

Conforme previsto por Watson e Lovelock (1983), mesmo com inserção dos agentes econômicos consumindo recursos, após a calibragem o ecossistema artificial foi capaz de compensar as variações, dentro de determinados limites, mantendo certa estabilidade no decorrer do tempo. Com a possibilidade de crescimento populacional e com os agentes realizando somente ações básicas, usando a semente padrão para o gerador de números aleatórios, este sistema conseguiu sustentar a vida dos agentes por 781 turnos, com picos de população que ultrapassavam dez vezes o número inicial dos mesmos, definido como 50. Este período equivale, em termos de tempo de vida dos agentes, a cerca de 39 gerações humanas.

6.2.3 Modelagem de comportamento dos agentes socioeconômicos

Um dos aspectos mais importantes da simulação proposta, diz respeito ao comportamento dos agentes, tomados individualmente. É a partir deste comportamento que se esperava obter respostas a respeito dos princípios descritos pela abordagem da Dinâmica Simbiótica. Contudo, esta última se concentra exclusivamente nas relações e propriedades dinâmicas dos sistemas envolvidos e não faz referência ao comportamento dos agentes, tomados individualmente.

Devido a isto, foi necessário extrapolar as características básicas dos agentes individuais a partir de outras abordagens que permitissem matematizar este comportamento, mesmo que de forma simplificada, para que pudesse ser simulado em um computador. A solução encontrada para esta questão foi se utilizar de uma conjunção dos princípios da psicologia cognitiva e da teoria econômica neoclássica. Enquanto a psicologia cognitiva, em especial os trabalhos de Maslow e Piaget, ajudaram a modelar como o agente se motiva à ação, em busca de suas necessidades, a perspectiva da economia neoclássica, além de ser alinhada com a perspectiva *bottom-up* proposta para a modelagem multiagentes, trouxe as vantagens no que tange a descrever a alocação eficaz de recursos, conforme proposto por McGuigan et al. (2010), e permitiu formular matematicamente o

comportamento dos agentes, dentro daquilo que Maslow descreveu em sua hierarquia de necessidades.

Esta estrutura, acabou se mostrando adequada para os objetivos deste esforço de pesquisa, uma vez que adotava uma postura de pesquisa que integrava economia neoclássica e experimentos de etologia sintética, em uma perspectiva *bottom-up* da qual se viu emergir o comportamento descrito fenomenologicamente por Terra (2010) e Terra e Passador (2014), a partir de uma perspectiva *top-down*. Apesar das distinções de ponto de vista e até mesmo epistemológicas entre estes enfoques, isto ajudou a trazer robustez às conclusões, já que ao se conjugar pontos de vista tão distintos, foi possível ir das partes ao todo e do todo as partes para possibilitar uma compreensão sistêmica do fenômeno.

Conforme visto no capítulo 4.1.2, as necessidades ou motivos, como tratados por alguns autores, são os componentes mínimos do comportamento e explicam o porquê de um agente perseguir determinada meta (Deci & Ryan, 2000). Este entendimento da importância das necessidades, na atribuição de valor e na definição dos valores individuais, está presente tanto na psicologia, como na própria economia que dentro de certos limites, trata esta questão de maneira análoga, no conceito de utilidade.

Deste modo, faz sentido que para a construção simplificada de um conjunto de agentes que seja usada uma estratégia onde os mesmos direcionem suas ações no sentido de atender à um conjunto de necessidades básicas. Com base nestas considerações, foram escolhidas para direcionar o comportamento dos agentes econômicos deste modelo, as três primeiras necessidades que compõem a hierarquia proposta por Maslow (1970). São elas:

- 1) Necessidades fisiológicas;
- 2) Necessidade de segurança;
- 3) Necessidades sociais;

Por serem necessidades de caráter intrínseco, as de estima e autorrealização não foram emuladas nesta simulação. Isto porque, incorreriam em uso de poder computacional adicional e não teriam contribuições imediatas para análise das hipóteses em pauta, já que se tratam de fatores motivadores centrados no próprio

indivíduo e não em fatores relacionados às suas relações externas com seus suprassistemas.

Em termos de motivadores fisiológicos, um aspecto comum à vida é que esta precisa de energia atravessando seus sistemas para se manter em equilíbrio – ver capítulo 2.3 “Esta energia é usada para dois propósitos: mera manutenção e realização de trabalho.”⁷⁴ (Hardin, 1968, p. 1243) A simples manutenção de um sistema vivo requer uma quantidade basal de energia que é consumida, independente de qualquer atividade realizada. Toda energia gasta além desta quantidade basal é para realizar trabalho em qualquer nível (Hardin, 1968).

Como aspecto comum à vida, a energia foi uma das necessidades fisiológicas, buscadas pelos agentes. Nesta simulação o agente pôde obter energia por meio da ingestão direta de grãos do cenário ou por meio da ingestão do Produto 1 – ver ganhos de cada alternativa no capítulo 6.2.2. Todos os agentes tinham um consumo basal por turno (cb) determinado pela expressão $cb = \sqrt[3]{e_{max}^2} * \frac{g+idade}{100}$, onde e_{max} era o máximo de energia que o agente poderia acumular e g é o gasto padrão de energia daquele agente. Já o consumo de energia pelo trabalho (ct), quando os agentes se encontravam desvinculados de uma organização, se deu por meio da expressão $ct = e_{max} * \frac{g}{100} * movimento$, onde $movimento$ é o deslocamento do agente. Quando vinculados a uma organização, o consumo de energia pelo trabalho era reduzido pela metade, gerando benefício pela associação a uma organização dotada de um sistema técnico.

A incorporação do fator $\sqrt[3]{e_{max}^2}$, no consumo basal de energia, teve como objetivo estabelecer a vantagem que os agentes maiores possuem em relação aos menores na natureza, em decorrência da razão entre sua área e seu volume. Já o fator dado por $\frac{g+idade}{100}$ atribuiu um peso para a idade no consumo basal de energia. Desta forma, quanto maior o número de turnos que um dado agente tivesse vivido, maior seria seu gasto de energia basal.

Uma vez que o critério de óbito dos agentes era virar um turno com níveis de metabólitos ou energia menor ou igual a zero, a abordagem supracitada resolvia o problema da perspectiva neoclássica, levantado por Epstein e Axtell (1996),

⁷⁴ Do inglês: “This energy is utilized for two purposes: mere maintenance and work.”

referente à vida infinita dos agentes. Ao mesmo tempo ela possibilitava que agentes com melhores condições, vivessem mais e vinculava a sobrevivência de um dado agente, não só à sua idade, mas às suas condições de vida que poderiam lhe permitir estender sua sobrevivência, conforme este conseguisse obter maior disponibilidade de energia.

A possibilidade de óbito resolve o problema da vida infinita, mas cria a necessidade de reposição dos agentes. Para tal, foi adotado um critério de reprodução onde sempre que um agente atingisse 75% dos seus níveis máximos de energia e metabólitos, simultaneamente, ele tinha 25% de chance de gerar um descendente naquele turno. Procedimento este, calibrado por meio de testes empíricos.

Visando obter heterogeneidade dos agentes neste processo, conforme proposto pelos modelos da psicologia cognitiva, e a emergência de um processo de aprendizado coletivo, a sensibilidade dos agentes a cada um dos fatores ambientais e físicos foi ligada a variáveis que foram determinadas por meio de um algoritmo evolutivo que emulava os princípios da seleção natural de Darwin (2009). Neste processo, as variáveis “geneticamente determinadas” do “agente filho” sofriam uma mutação aleatória, baseada em uma distribuição de probabilidades normal com média dada pelo valor da variável do “agente pai” e desvio padrão no valor de 1% desta média, denominado de taxa de mutação. Este desvio padrão, foi determinado empiricamente, variando a taxa de mutação em 0,05% para valores entre 0,05% e 5%, sendo 1% o valor que demonstrou maior estabilidade no modelo de controle.

Destarte, pode-se dizer que foi utilizada uma abordagem similar à de MacLennan (1992), cuja proposta passa por fazer a substituição gradual dos agentes, ao invés de substituir toda a população de uma só vez, como normalmente é feito nos algoritmos genéticos. Para o autor, este enfoque é bastante vantajoso em sistemas multiagentes, já que permite a transferência, não só de habilidades inatas, mas também de fatores culturais entre a população de agentes.

O segundo componente fisiológico que os agentes tiveram que buscar, foram os metabólitos, cuja função seria a manutenção e reposição de perdas inerentes ao metabolismo. Estes tiveram seu consumo por turno (cm) determinado pela expressão $cm = m_{max} * \frac{g}{100}$. Seguindo o princípio da simplificação do modelo, este

componente poderia parecer desnecessário. Entretanto, a introdução dele foi útil para possibilitar a troca entre produtos, cuja importância para a sobrevivência, fosse equivalente entre si.

Conforme visto no capítulo 4.1.2, as necessidades fisiológicas, por estarem ligadas diretamente à sobrevivência, podem se transformam em fortes impulsos, principalmente quando se tratam de uma necessidade em privação. No âmbito desta simulação, este impulso era disparado por um controlador homeostático, conforme proposto por Piaget (1996), sempre que os níveis de metabólitos e energia ficassem abaixo de 10% do limite máximo. Desta forma, mesmo que os níveis referentes a outras necessidades fossem zero, o impulso por comida seria acionado, suprimindo as demais necessidades para que o agente enfrentasse o risco iminente de morte.

A necessidade de segurança foi dividida em dois níveis, com base nos estoques de bens dos agentes. Os estoques de Produtos 1 e 2 apresentavam um nível inicial na hierarquia, mais baixo que as necessidades fisiológicas, mas superior ao das necessidades de segurança, relacionadas ao estoque das Plantas 1, 2 e 3. A princípio o nível inicial de todas as necessidades de segurança na hierarquia era o mesmo. Mas foi identificado na fase de calibragem que os agentes que evoluíam para uma importância maior nos estoques dos produtos 1 e 2, apresentavam maior propensão à sobrevivência. Esta observação empírica levou a um novo escalonamento inicial das hierarquias de necessidades, onde as necessidades de segurança, ligadas diretamente à satisfação de necessidades fisiológicas, tiveram maior peso do que aquelas indiretamente ligadas a estas.

Já a necessidade social foi representada pela interação entre os agentes que se abriam para este processo, sempre que esta necessidade se sobressaísse em relação às demais. Para tal, os agentes escolhiam aquele mais próximo de seu perfil, entre três tipos de perfil diferentes, definidos pelos números 0, 1 e 2, em um raio de 30 locações ao seu redor. Cada interação social realizada, promovia um ganho social e a criação ou fortalecimento de um laço social entre os agentes que decaíam a uma razão de 1 por turno. Os links sociais que atingiam uma força com valor zero, eram automaticamente extintos.

Ao efetuar uma interação social, os agentes também aprendiam mais sobre organização, fator usado para potencializar a produtividade em organizações. A

cada interação, o agente podia obter aleatoriamente até 1,5% da capacidade de organização de seu parceiro se fosse o agente ativo da interação e 0,75% caso fosse o agente passivo da mesma – entende-se por agente ativo aquele que usou sua rodada de ação para realizar esta troca social. A cada rodada de ação, o agente poderia ser ativo uma única vez, mas se estivesse aberto para interações naquela rodada, poderia ser agente passivo nas interações, tantas vezes quanto fosse solicitado por outros agentes.

Para todas estas necessidades apresentadas até então, os agentes tiveram diferentes sensibilidades, de acordo com características inatas. Esta abordagem para o problema visava atender às questões de base fisiológica, apontadas pelos psicólogos *behavioristas* e cognitivos, a respeito das bases inatas do comportamento – ver capítulos 4.1.1 e 4.1.2. Quando associada ao algoritmo evolutivo, presente na reprodução, esta também permitiu o aprendizado coletivo, devido à possibilidade de seleção por aptidão em um grupo heterogêneo de agentes, cujo comportamento era guiado por esta sensibilidade. O aprendizado coletivo emerge da coexistência entre agentes que se relacionam a partir de regras simples que se configuram em comportamentos complexos. De certa maneira, este tipo de aprendizado pode emular as consequências sociais do aprendizado individual (Bonabeau & Theraulaz, 1998; Duan & Sun, 2014).

Cabe ressaltar que nenhum reforçador funciona o tempo todo, por mais poderoso que ele seja, ele sofre saturação – ver capítulo 4.1.1. Esta percepção abre espaço para a adoção das abordagens utilitaristas, mais especificamente o conceito de utilidade marginal, para descrever matematicamente o benefício percebido pelo agente, ao suprir determinada necessidade para qual já encontra-se saturado. Com base nesta perspectiva, cada agente teve a função utilidade $U_n(x)$ para cada uma de suas necessidades, definida por meio de uma função exponencial baseada na constante matemática e , conforme a expressão a seguir:

$$U_n(x) = \begin{cases} 0, & x < 0,03 \\ \frac{z}{x\sqrt{e}}, & x \geq 0,03 \end{cases}$$

Esta função descrevia a utilidade que o agente teria acumulado a partir de um determinado percentual do valor máximo de um determinado atributo, dado por x , sendo z a constante que representa o limite de utilidade que pode ser obtida por determinada necessidade. O valor de x foi sempre calculado por meio de percentual em relação ao nível máximo ou padrão de um dado atributo, para que o valor absoluto não influenciasse na escala de utilidade. O valor mínimo de x , foi definido como 0,03, ao invés de simplesmente 0, para evitar que o NetLogo fosse obrigado a lidar com números maiores do que aqueles que é capaz de suportar. Já o valor de z , era fixo para cada agente e transmitido de forma hereditária, por meio do algoritmo evolutivo descrito anteriormente. A denominado número de Euler foi escolhida como base para representar os níveis de saturação dos agentes, porque, tanto sua função exponencial, quanto sua função logarítmica, aparecem com frequência em fenômenos naturais.

Uma particularidade da função $U_n(x)$ onde $x \geq 0,03$ é que, além de ser autolimitada, como deve ser toda função utilidade, nela o quociente decresce exponencialmente com o aumento de x , levando o a um comportamento onde o resultado da utilidade total, percebida pelo agente, cresce rapidamente em direção a z , quando este recebe os primeiros incentivos após a privação. Depois de receber uma determinada quantidade de um determinado incentivo, o indivíduo se vê saturado e perde rapidamente a percepção de utilidade que tem na adição novos ganhos a um dado atributo – ver gráfico 10. Este comportamento da função $U_n(x)$ se mostra aderente às descrições a respeito da saturação e privação de incentivos da psicologia comportamental, mostradas nos capítulos 4.1.1 e 4.1.2 e também garante um comportamento autolimitado à função utilidade dos agentes, conforme previsto pelos economistas utilitaristas.

Os pesos de z para os primeiros agentes inseridos na simulação, foram definidos tendo por base uma distribuição aleatória com probabilidade baseada em uma distribuição normal, com uma média determinada pela condição inicial dada na tabela 19 e o desvio padrão dado pela taxa de mutação valendo 1% desta média. Para os agentes “filhos” esta variável foi submetida ao algoritmo evolutivo descrito anteriormente.

Gráfico 10: evolução da utilidade total descrita pela função $U_n(x)$

Fonte: Elaborado pelo autor.

As condições iniciais dos primeiros grupos de agentes foram definidas levando-se em conta a hierarquia de necessidades de Maslow com a sensibilidade máxima dada por um valor escolhido arbitrariamente como 120. A escolha do limite se deu de maneira arbitrária pois, matematicamente, é a razão entre os limites destas sensibilidades que importa para escalonamento das necessidades e não seus valores absolutos. Como não há uma relação matemática que defina a hierarquia das necessidades, este trabalho optou por desenvolver este escalonamento por meio da razão entre o valor base e a sequência original de Fibonacci.

Os números de Fibonacci foram escolhidos para marcar o início dos testes empíricos da variável z , por sua forte aderência com a descrição de proporções nos fenômenos naturais que vão desde a evolução da população de coelhos, até a descrição das proporções do corpo humano e da espiral das galáxias (Posamentier & Lehmann, 2007). Estes são dados por uma sequência de números reais obtidos por meio da função:

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x = 0 \\ x, & x = 1 \\ f(x-1) + f(x-2), & x > 1 \end{cases}$$

Após uma série de testes de calibragem do modelo, variando estes números em um valor de 1, foi determinado que as melhores configurações para os objetivos deste trabalho, ocorriam de acordo com o mostrado no quadro 19, onde o valor ótimo (v_o) é o valor obtido após os testes empíricos de calibragem. Vale ressaltar que esta abordagem matemática ainda permite que haja uma inversão momentânea da hierarquia de necessidades. Nela a saturação de uma determinada necessidade pode fazer com que a utilidade gerada pela mesma fique abaixo daquela gerada pelas demais necessidades em um dado momento. Desta forma, pode-se dizer que ela também atende às descrições propostas pelas abordagens comportamentais ilustradas nos capítulos 4.1.1 e 4.1.2. Ressalta-se que para a necessidade social, foi feito um ajuste empírico para um valor de 28, para aumentar a incidência de vínculos sociais. Este ajuste se mostrou produtivo, ao passo que não comprometeu a sobrevivência dos agentes ao longo da simulação.

Quadro 19: Valores médios de partida de z para cada necessidade

	Número de Fibonacci	Valor base (b)	Valor ótimo
Necessidades	Fisiológicas $x_1 = 1$	$b = \frac{120}{x} = \frac{120}{1} = 120$	120
	Segurança dos Produtos 1 e 2 $x_2 = 2$	$b = \frac{120}{x} = \frac{120}{2} = 60$	60
	Segurança das Plantas 1, 2 e 3 $x_3 = 3$	$b = \frac{120}{x} = \frac{120}{3} = 40$	40
	Social $x_4 = 5$	$b = \frac{120}{x} = \frac{120}{5} = 24$	28

Fonte: elaborado pelo autor

Com base nesta estrutura baseada na utilidade, a escolha dos agentes sobre onde empreender seus esforços pôde se dar de maneira racional, conforme preconizado pela economia neoclássica. Para tal, os agentes buscaram analisar as melhores relações entre os benefícios marginais e os custos marginais de cada ação. Conforme visto no capítulo 4.1.3, uma aproximação da utilidade marginal pode ser descrita por meio da derivada da função utilidade total. Assim, a utilidade marginal ($UM(x)$) que um determinado agente obteria, a partir da função utilidade proposta para este trabalho, seria dada por:

$$UM(x) = \frac{\partial U_n}{\partial x} \Rightarrow UM(x) = \begin{cases} 0, & x < 0,03 \\ \frac{z}{x^2 \cdot \sqrt{x}} e, & x \geq 0,03 \end{cases}$$

Para obter aquilo que necessita, um indivíduo pode produzir, trocar, mendigar ou tomar pela força (Kotler, 2000). Na presente simulação os agentes foram habilitados a produzir e trocar bens, com a finalidade de satisfazer suas necessidades. No que se refere à produção, os agentes podiam optar por utilizar uma ou mais entre suas duas rodadas de ação, para produzir. As possibilidades de troca abrangiam todo o inventário e eram selecionadas com base na função $UM(x)$, com a qual os agentes podiam analisar a taxa marginal de substituição (TMS) de cada bem, em relação a uma unidade monetária que serviu de referência para balizar o comportamento de troca.

Neste caso, o uso de uma unidade monetária foi necessário para viabilizar os cálculos, por meio de um parâmetro fixo de comparação de preços entre as possibilidades de uma cesta de consumo de bens multidimensional, conforme visto no capítulo 4.1.3. Para Nash (1950), esta equivalência entre dinheiro e bens é uma aproximação satisfatória para a utilidade de um dado bem. Samuelson e Nordhaus (1993) lembram esta abordagem é interessante, uma vez que o dinheiro atua como um “lubrificante” de troca, facilitando a ação de equilibrar as relações de barganha.

Entretanto, para cálculo da taxa marginal de substituição, foi assumido que o dinheiro também está sujeito à lei da utilidade marginal decrescente. Optou-se por esta abordagem, em detrimento da simplificação proposta por Marshall (2009), pois, segundo Blackorby e Donaldson (1988) a ideia de que a utilidade do dinheiro é linear, precisa assumir que as preferências adotam as mesmas condições. Como as preferências, no caso, formam curvas de indiferença convexas, é mais realista assumir que disponibilidade de dinheiro, efetivamente diminui o valor percebido para uma unidade monetária adicionada.

De forma geral, o dinheiro pode ser tratado como um tipo de segurança, já que pode ser convertido em qualquer bem, a qualquer tempo. Por isso, assumiu-se que como este teria papel apenas na conversão de bens ligados à segurança, sua

variável z seria dada pela a média geométrica das variáveis z de cada necessidade de segurança, tomada individualmente.

A média geométrica foi utilizada em detrimento da média aritmética, seguindo a recomendação de Fleming e Wallace (1986), para quem a comparação entre métricas de natureza diferente, padronizadas como no caso em questão, se encaixa melhor neste tipo de abordagem. Epstein e Axtell (1996), em seu livro, também adotam tal perspectiva para problema semelhante ao deste trabalho, reforçando a pertinência da adoção de tal abordagem.

A definição da quantidade total de dinheiro disponível, partiu do conceito de raridade, como no padrão ouro. Os agentes dispunham de um total de 12.500 unidades monetárias para distribuir entre todos os participantes da simulação. Entretanto, o valor percebido para uma dada quantidade de dinheiro no decorrer do tempo, mudava para os agentes, pois o referencial padrão do dinheiro, usado para cálculo do percentual do dinheiro disponível empreendido em uma dada transação, era atualizado a cada rodada, dividindo-se o valor total de dinheiro pelo número de agentes presentes no cenário.

Visando maximizar sua utilidade, os agentes buscavam levar todas as taxas marginais de substituição, em relação ao dinheiro, ao mesmo valor. Para tanto, aceitavam comprar os bens que apresentavam a maior taxa marginal de substituição e vender aqueles que apresentavam a menor taxa marginal de substituição, em relação ao dinheiro. Eles faziam suas ofertas em uma quantidade suficiente para igualar este valor da *TMS* àquele dos itens subsequentes em cada avaliação e repetiam este processo a cada ciclo.

Os preços de oferta e de compra dos agentes eram determinados pela média geométrica das taxas marginais de substituição de cada item negociado. Estes preços, assim como as quantidades, eram revelados a um agente central, similar ao leiloeiro utilizado por Walras (1926), em sua teoria do equilíbrio geral. Este, casava as ofertas de compra e venda dos agentes e efetivava as transações pelo preço da oferta de venda, transferindo dinheiro e produtos entre os mesmos, nas proporções determinadas, em processo análogo ao que ocorre nas bolsas de valores. Este processo era realizado três vezes a cada turno.

Entretanto, o leilão realizado por este agente diferia do walrasiano, pois as transações não eram feitas ao preço de equilíbrio proposto pelo autor. A princípio até foi adotada esta perspectiva, mas após de uma série de testes empíricos, foi constatado que uma abordagem que tomasse a relação entre oferta e demanda e casasse as transações a partir das maiores ofertas de compra, quando a demanda superasse a oferta e a partir dos menores preços de venda, quando a oferta superasse a demanda, produzia aumento significativo da longevidade e utilidade média dos agentes. Devido a esta constatação, esta forma de leilão, apesar da implementação mais complexa, foi mantida como padrão no sistema de transações.

As organizações também participavam deste leilão, vendendo seus produtos com um preço dado pelo rateio de seus custos acumulados na forma de estoque, adicionado de um *markup* de 20%. Cabe ressaltar que o valor dos estoques era determinado por meio de preço médio. Portanto, este era atualizado a cada transação.

Já as compras de insumos das organizações, tinham sua quantidade limitada pelo dinheiro disponível para compras, excetuando o valor reservado para pagamento de salários nos três turnos subsequentes. O preço, por sua vez, era determinado pelo custo de oportunidade de dedicar um agente para a coleta de insumos. Este era calculado levando-se em consideração a produtividade média de cada agente de produção, quando vinculado à organização, e a média geométrica do preço praticado no mercado nos últimos três turnos, nas vendas do produto comercializado pela empresa.

Cabe ressaltar que o sistema em questão ainda incluía a possibilidade de herança, onde todos os bens em inventário e todo o dinheiro eram divididos entre os descendentes diretos de um determinado agente, no momento de sua morte. Quando o agente não possuía herdeiros, seus recursos eram igualmente distribuídos pelo leiloeiro a todos os agentes do sistema, o que mantinha o volume de dinheiro constante e evitava a perda de bens que não haviam sido processados.

Além das trocas, os agentes também podiam realizar duas ações por turno, escolhidas entre: (1) comer algum grão diretamente no terreno; (2) colher alguma das plantas; (3) produzir produtos 1 ou 2; (4) consumir os grãos 1 ou 2 e; (5) interagir socialmente com outros agentes. Quando vinculados a um sistema técnico, o agente

perdia uma destas ações que passava a ser em favor da organização a qual estes se encontravam vinculados.

A escolha entre estas possibilidades de ação pessoal era determinada por uma árvore de decisão que era resolvida pelos agentes por meio de um algoritmo de indução retroativa (*backward induction*). A árvore de decisão foi escolhida como método de seleção de alternativas para os agentes, por se tratar de um método simples, compatível com a perspectiva econômica utilitarista e bastante adequado para descrever processos de decisão com um número grande de variáveis e objetivos, distribuídos múltiplas etapas de decisão (Shimizu, 2010). Ela também possibilitou economia de recursos computacionais em relação às abordagens baseadas em redes neurais hierárquicas, apesar de ter apresentado resultados similares aos das mesmas.

Figura 18: Árvore de decisão utilizada pelos agentes.

Fonte: elaborada pelo autor.

As recompensas (r), utilizadas para resolução destas árvores de decisão, eram baseadas na função utilidade $U_n(x)$ e seu cálculo visava estabelecer a ação que promoveria maior ganho de utilidade percebida, para determinada atividade. As funções recompensa e a estrutura desta árvore de decisão, podem ser vistas na figura 18, onde a função $U_n(x)$, determina a utilidade acumulada por uma dada

variável n e a quantidade x é balizada pela função $p(q) = \frac{q}{max}$ onde q é a quantidade acumulada em uma dada variável pelo agente e max é o máximo ou padrão de cada variável em análise. Isto manteve a utilidade percebida de acordo com a efetivamente obtida, já que esta última também era calculada pela razão entre a quantidade obtida e o máximo ou padrão de cada variável. Nas funções recompensa (r) qd_n determinava a quantidade que o agente possuía de uma dada variável n e a era da quantidade adicionada a esta variável, por uma determinada ação.

As ações e benefícios vinculados aos nós comer e item do terreno, já tiveram seus procedimentos descritos no final do capítulo 6.2.2, assim como o nó colher. No primeiro, o agente optava entre os produtos 1 e 2 para comer. No segundo ele optava por um dos grãos do terreno, para se alimentar diretamente deste grão. No último a opção era por colher alguma das três plantas para inventário. Neste último caso, o agente colhia em uma única localização um volume dado por sua variável de produtividade em colheita (p_c) e acumulava um valor aleatório nesta variável de até no máximo 0,05% de seu valor atual, a cada locação colhida.

No nó interagir, o agente escolhia um entre os demais agentes, em um raio de 30 locações, para realizar a interação social que iria lhe gerar maior satisfação. Uma vez que a organização é um sistema conscientemente organizado e a liderança emerge neste contexto como uma habilidade social de garantir e assegurar a contínua cooperação e integridade de propósitos da mesma (Barnard, 1938), faz sentido imaginar que o exercício da socialização traria benefícios nas habilidades de liderança. Com base nesta percepção, foi definido que estas interações sociais contemplariam um aprendizado da variável produtiva denominada de organização (o) que os agentes poderiam utilizar em suas atividades gerenciais, conforme descrito anteriormente.

No âmbito do nó processar, o agente optava por produzir o Produto 1 ou o Produto 2, com os insumos descritos no capítulo 6.2.2, a uma razão por turno, dada pelo seu nível de aprendizado no processamento daquele produto específico. Ao realizar esta ação, o agente também acumulava um valor aleatório em sua variável de produtividade – p_1 para o Produto 1 e p_2 para o produto 2 – de até no máximo 0,5% de seu valor atual, a cada turno de produção.

As variáveis de produtividade, em geral, também eram passadas de geração em geração, de acordo com as mesmas premissas adotadas para as variáveis genéticas. Isto promovia variações nas condições de partida de cada um dos agentes, mas dava um peso importante à ancestralidade, replicando certo nível de transferência de aprendizado.

A introdução das variáveis de produtividade, inclusive no âmbito da liderança, visava reproduzir esta característica fundamental do comportamento humano que possibilita que a experiência em uma determinada atividade leve a uma melhor compreensão e aprimoramento da execução da mesma, conforme descrito pelos autores da psicologia cognitiva – ver capítulo 4.1. A opção por uma variável que era incrementada com a experiência, em detrimento de uma abordagem baseada em algum tipo de inteligência artificial, capaz de testar e generalizar hipóteses, foi feita para reduzir o uso de poder computacional, que se mostrou proibitivo, quanto testado em um modelo onde os agentes eram dotados de redes neurais artificiais. Entretanto, apesar de se tratar de uma simplificação, este tratamento emulou de maneira bastante satisfatória as premissas essenciais do aprendizado individual, replicando suas consequências em lugar de seus processos internos.

Quadro 20: Principais variáveis dos agentes.

Variável	Genética	Partida	O que é?
e_{max}	Sim	48	Nível máximo de energia que um agente pode acumular.
m_{max}	Sim	27	Nível máximo de metabólitos que um agente pode acumular.
g	Sim	2,1	Percentual relativo de gasto de energia de um dado agente.
s_{max}	Sim	30	Nível máximo de satisfação social dos agentes.
p_c	Sim	1	Nível de produtividade dos agentes em colheita de plantas.
p_1	Sim	1	Nível de produtividade dos agentes no Produto 1.
p_2	Sim	1	Nível de produtividade dos agentes no Produto 2.
o	Sim	2	Nível de capacidade de organização dos agentes.
$Z_{energia}$	Sim	120	Máximo de utilidade dada pelo agente à energia.
$Z_{metabolito}$	Sim	120	Máximo de utilidade dada pelo agente aos metabólitos.
$Z_{produto1}$	Sim	60	Máximo de utilidade dada pelo agente aos Produtos 1.
$Z_{produto2}$	Sim	60	Máximo de utilidade dada pelo agente aos Produtos 2.
$Z_{planta1}$	Sim	40	Máximo de utilidade dada pelo agente às Plantas 1.
$Z_{planta2}$	Sim	40	Máximo de utilidade dada pelo agente às Plantas 1.
$Z_{planta3}$	Sim	40	Máximo de utilidade dada pelo agente às Plantas 1.
Z_{social}	Sim	28	Máximo de utilidade dada pelo agente às interações sociais.
$Z_{dinheiro}$	Não	-	Máximo de utilidade dada pelo agente ao dinheiro.
d_{max}	Não	-	Nível de referência para o valor percebido do dinheiro.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pôde ver visto no decorrer capítulo, os agentes apresentavam um grande conjunto de variáveis, cujo valor de partida – obtido por meio de uma série de testes empíricos – era usado na criação dos primeiros agentes, como média para um gerador de números randômicos, baseado na distribuição normal. Posteriormente, a variáveis de caráter genético eram transmitidas de pai para filho com pequenas variações baseadas na probabilidade de uma distribuição normal, cuja média era o valor da variável do pai e o desvio padrão era 1% desta média. O quadro 20 apresenta uma síntese das principais variáveis, na configuração de partida do modelo de controle.

Para alinhar esta abordagem racionalista, com as limitações ao conhecimento dos agentes, descritas pelo princípio cibernético do conhecimento incompleto e pelos autores da economia neoschumpeteriana e da psicologia cognitiva – ver capítulos 2.1, 3.2 e 4.1.2, foi determinado inicialmente que os agentes teriam um alcance de ação e visão limitado que restringia o contato dos agentes com informações e recursos, além deste alcance. Em casos onde o agente se visse limitado à ação por qualquer motivo, ele optava por se mover aleatoriamente pelo cenário, com objetivo de localizar novos pontos de exploração ou socialização. Este procedimento se mostrou bastante eficaz já que foi possível observar ao longo das simulações que o surgimento de catástrofes locais levavam a grandes extinções em massa, exatamente pelo fato dos agentes terem conhecimento limitado de onde se encontravam os demais recursos do cenário.

6.2.3 Sistemas técnicos e organizações.

Um dos principais focos desta simulação, consistia em analisar os fatores ligados a dinâmica das organizações e os impactos que estas possuem sobre o ecossistema e o ambiente socioeconômico. Para tal, foi adotada a perspectiva de que uma organização seria um sistema sociotécnico que visa capacitar o ser humano a atingir aquilo que não conseguiria quando atuando individualmente, conforme proposto por Gibson et al. (2006).

Assim como no caso do aprendizado, o foco do modelo não se encontrava nos pormenores do funcionamento dos sistemas técnicos de uma organização, tomados individualmente, mas sim em suas propriedades de interconexão e consequências para a estrutura sociotécnica. Com base nesta perspectiva, foi estabelecido que a vantagem que seria trazida pelo sistema técnico, em sua associação com estruturas sociais, seria a potencialização da produtividade dos agentes, dada por um fator de alavancagem do sistema técnico (a_t).

Este fator era definido no momento da criação da estrutura, pelo nível de organização do agente proprietário. Entretanto, conforme eram feitas incorporações de novos agentes no sistema, este fator de alavancagem era atualizado para a média aritmética da organização dos agentes que tinham algum subordinado. Com isto, a relação entre organização para produção e auto-organização, proposta por autores como Morin (2007c) foi estabelecida, já que o sistema técnico se organiza em função da capacidade de organização ofertada pelo sistema social, ao passo que esta organização do sistema técnico possibilita alavancar a produtividade do sistema como um todo.

No modelo proposto, os agentes criavam sistemas técnicos que podiam se desenvolver em organizações complexas, sempre que estes tivessem acumulado ao menos 20 peças de Planta 1 e possuísem ao menos 2 pontos de organização (o). Ao atingir os requisitos, estes consumiam as 20 peças de Planta 1 para criar um sistema que podia ser de três tipos: BCS1; BCS2 e; BCS3. Os sistemas BCS1 eram especializados na produção de Produtos 1 e tinham como insumo a planta 3, os BCS2 produziam o Produto 2 e tinham como insumo a planta 2 e os BCS3 tinham como função facilitar a colheita de plantas do tipo 1, 2 e 3, para servir como insumos de produção.

Cada agente podia deter apenas um tipo de sistema técnico e optava por aquele que produzisse o item para o qual este tivesse maior produtividade. Ao criar um sistema deste tipo, o agente passava a dedicar um de seus turnos de ação à produção relacionada a este sistema. Em contrapartida a esta dedicação, o agente proprietário recebia uma quantidade de itens produzidos pela organização, equivalente à sua produtividade individual, o que gerava um custo incorporado aos produtos restantes, equivalente ao custo de oportunidade de venda dos itens

transferidos, levando em consideração a média geométrica de seu preço nos últimos três turnos.

O excedente gerado pelo potencial de alavancagem do sistema técnico, era comercializado através do mesmo e originava caixa para a organização. Este, por sua vez, era direcionado para reservas que visavam a compra de insumos – conforme procedimento descrito no capítulo 6.2.2 – ampliações do número de postos de trabalho, pagamento de salários e pagamento de dividendos.

Os dividendos eram pagos aos proprietários a uma taxa de 25% do excedente da empresa, calculado subtraindo o caixa pela provisão de pagamentos de salários para os cinco turnos subsequentes. Já os salários eram acertados no momento da contratação de novos agentes. Foi implementada uma função que permitia a renegociação dos salários mas esta não chegou a ser formalmente testada, sendo usada apenas para efeito de calibragem.

O acerto dos salários se dava por meio de um processo no qual o agente propunha como salário, a maior taxa marginal de substituição de seus bens em relação ao dinheiro, adicionada de 20%. O contrato de trabalho era fechado por este valor, quando o mesmo era mais baixo do que aquele dado pela expressão:

$$Max_{salário} = \frac{p_z * a * \bar{X}_p}{1 + 0,2}$$

Onde $Max_{salário}$ é o valor máximo que a organizações se dispõe a pagar, p_z é a produtividade da empresa, a é a alavancagem do sistema técnico e $\bar{X}_p$ é a média geométrica de preços do item comercializado pela empresa nas três últimas rodadas. Tanto os salários, quanto os custos de compra dos insumos de produção, eram incorporados aos custos das organizações que, posteriormente, eram rateados para definir o preço de venda dos produtos.

Nas simulações onde ocorriam renegociações, estas eram feitas a cada dez turnos, seguindo o mesmo procedimento de proposta salarial das contratações. Quando não era possível um acordo, o agente era desligado. As renegociações ficaram restritas àqueles experimentos onde eram essenciais, pois consumiam um grande volume de processamento, tornando inviável sua incorporação em todos os ambientes, principalmente aqueles permeados por um número demasiadamente grande de agentes.

As organizações sempre procuravam contratar os agentes em seu raio de ação que possuíam maior produtividade para aquele produto que manufaturavam. O raio de ação de uma organização era definido pela maior distância entre um agente contratado e/ou proprietário e o ponto onde a organização se encontrava no cenário. Para efetivar uma contratação, a organização precisava atender a três requisitos. Ter agentes em seus quadros com número de subordinados menor do que sua organização adicionada de 1, este agente ter um nível de organização maior ou igual a 2 e a organização ter postos de trabalho em aberto.

Ao ser criado, o sistema técnico já dispunha de um posto de trabalho em aberto. Eventuais expansões, exigiam um investimento de 20 unidades de Plantas 1 por posto. As organizações procuravam manter níveis de estoques de Plantas 1 que precisavam ser compradas no mercado, próximos deste valor de investimento. Entretanto, elas só expandiam o número de postos de trabalho, caso tivessem com todos os seus postos preenchidos e houvesse agentes disponíveis para incorporar subordinados, racionalizando assim o uso de recursos com a expansão.

Ao ser contratado, o agente era imediatamente vinculado àquele potencial superior que possuía maior nível de organização, cujo valor era maior ou igual a 2. Portanto, o contrato social do líder, era imposto por seu nível de organização. Um agente não podia ter vínculo com mais de uma organização e um superior não podia, em hipótese alguma, controlar mais agentes do que o limite dado por seu nível de organização. Isto tornava a variável de conhecimento em organização dos superiores hierárquicos duplamente importante, já que era determinante para a alavancagem de produtividade da organização e também para a amplitude do controle.

Outra funcionalidade importante que foi incorporada às organizações, após uma série de testes empíricos, foi um sistema de regeneração para sua rede formal de relações. Sempre que um agente em posição hierárquica dotada de subordinados morria ou era desligado, a organização passava por um processo de seleção de substitutos, para recompor o quadro perdido. Este procedimento incluía um levantamento dos agentes disponíveis no raio de ação da organização e entre os subordinados do agente perdido, para selecionar aquele com maior organização. Se o agente externo tivesse maior organização e esta fosse maior do que 2, era feito o

procedimento padrão de proposta salarial ao agente. Caso este aceitasse, ele era incorporado, preenchendo a posição hierárquica do agente perdido. Caso não aceitasse ou a capacidade de organização do agente interno fosse maior do que a do externo, este era automaticamente promovido ao posto do superior.

A desintegração de uma organização se dava sempre que esta perdia seu proprietário e este não podia ser substituído ou quando esta perdia sua capacidade de honrar seus compromissos financeiros e seus proprietários não possuíam capital para cobri-los.

No primeiro caso, o sistema de regeneração da rede formal de relações tentava substituir o proprietário por um de seus agentes filho, dotado de capacidade de organização maior ou igual a 2. Caso não houvesse nenhum agente dentro destas características, o sistema adotava o mesmo procedimento usado para regeneração da rede formal da rede de relações em níveis inferiores, exceto pelo acerto do salário que era determinado como remuneração de proprietário. Não sendo possível preencher o lugar do proprietário, a organização vinha ao colapso e seu inventário era transferido para redistribuição ao leiloeiro central.

No segundo caso, quando a organização tinha seu caixa menor do que o necessário para honrar os salários, o dono era chamado a pagar esta dívida. Caso o caixa do mesmo também fosse insuficiente, ela era imediatamente liquidada e seu inventário transferido ao proprietário.

Quando vinculados a uma organização, os agentes dedicavam uma de suas rodadas de ação à mesma, pela qual recebiam o salário acertado. As ações vinculadas podiam ser de dois tipos, de gestão e produtivas. As atividades de gestão, eram exercidas pelos agentes que possuíam subordinados e consistiam em realizar interações sociais, visando melhorar a capacidade de organização do agente.

Já as ações produtivas, eram exercidas por aqueles agentes que não possuíam nenhum tipo de subordinado. Nestas, os agentes vinculados às organizações BCS1 e BCS2 verificavam o inventário de insumos. Caso houvesse material disponível, estes se dirigiam a uma locação com o grão necessário e produziam uma quantidade do produto da empresa, dada pela expressão $q = a_t * p_n$, onde q era a quantidade, a_t era a alavancagem do sistema técnico e p_n era a

produtividade do agente para o produto em questão. Assim como no processamento pessoal de produtos, isto matava o insumo naquela locação, consumia uma quantidade de insumos dada por p_n e gerava um nível de aprendizado para o agente. Caso não houvesse insumos, os agentes se colocavam a coletar as plantas necessárias para a produção. Neste caso, também havia aprendizado. Entretanto, por não se tratar da atividade específica do sistema técnico, a quantidade coletada se resumia à sua produtividade de coleta (p_c).

Já os agentes vinculados às organizações BCS3 sempre coletavam plantas para fornecer como insumos às demais organizações. O processamento de cada locação era dado pela variável de produtividade de coleta do agente (p_c). A alavancagem da produção gerava como benefício, neste caso, o aumento do número de locações exploradas pelo agente que era alçado de 1, na exploração pessoal, para a_t , por meio dos sistemas técnicos.

Conforme citado anteriormente, em todos os casos o agente tinha seu gasto de energia pelo trabalho reduzido à metade, enquanto exercendo ações organizacionais.

Assim, pode-se dizer que a produtividade de uma organização era gerada tanto pelo potencial de organização dos gestores que compunham sua rede hierárquica que potencializavam o sistema técnico, como pela produtividade de seus agentes operacionais. Com esta configuração foi possível representar o papel da administração na organização do trabalho, assim como da eficácia operacional nos resultados da organização. Apesar da aparente simplicidade desta estrutura, ela se mostrou bastante adequada no decorrer dos testes empíricos, permitindo a emergência de intensas relações econômicas e a formação de estruturas sociotécnicas relativamente complexas.

6.2.4 Considerações finais sobre o modelo.

A perspectiva apresentada até então, foi desenvolvida de forma a permitir a máxima simplificação do modelo, conforme preconizado por (MacLennan, 1992) e

Farmer e Foley (2009). Todos os pormenores que não contribuíam para explicar os comportamentos alvo do estudo, foram reduzidos ao comportamento básico daquele subsistema, que permitisse as relações necessárias para explicar o fenómeno. Este processo foi duplamente importante, pois além de gerar grande economia de processamento, também permitiu o isolamento das variáveis alvo do estudo, para que o impacto destas sobre o comportamento dos sistemas, fosse corretamente analisado.

Mesmo com este processo de simplificação, as principais relações foram contempladas e foi possível criar agentes baseados na noção fraca de agente, dotados de autonomia para suas escolhas, ao mesmo tempo em que percebiam o mundo a sua volta, para tomar decisões que maximizassem seu bem estar, assim como a definição de agentes que agem racionalmente, proposta por Russell e Norvig (2003). Optou-se pela noção fraca de agente neste estudo, por ser desnecessário às hipóteses em teste, considerar elementos como as emoções e mecanismos complexos de aprendizado.

Cabe ressaltar que apesar da concepção dos agentes ter partido de uma abordagem epistemológica diferente daquela encontrada nas tratativas a respeito da Dinâmica Simbiótica, o modelo, quando calibrado, apresentou um comportamento extremamente aderente à descrição fenomenológica do problema, obtida a partir da mesma – ver figura 8 no capítulo 4. Esta similaridade dinâmica, oriunda das interações realizadas por agentes, seguindo princípios tradicionalmente aceitos na teoria econômica e na teoria organizacional, foi importante para determinar que o modelo apresentava boas condições de ser usado como parâmetro para teste das hipóteses deste estudo.

6.3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS E DE ANÁLISE

Conforme apresentado no capítulo 6.2 que versa sobre o *design* do simulador, questões como o número ideal de agentes e as condições das variáveis do sistema, foram tratadas empiricamente, por tentativa e erro, ou por meio de algoritmos evolutivos que levaram o sistema ao comportamento e porte adequados para o experimento em pauta.

Quanto aos turnos de execução, foi definido que todas as simulações, exceto as de calibragem, seriam interrompidas assim que não houvessem mais agentes no cenário. Isto porque, uma vez que o principal elemento do objeto de estudo foi extinto, não faz sentido utilizar poder computacional para simular a simples evolução do ambiente, que não contribuiria para os resultados analíticos do problema de pesquisa em pauta.

Inicialmente, também foi estabelecido um limite máximo de mil turnos por simulação que se mostrou insatisfatório para análise de uma parte significativa dos problemas estudados. Posteriormente, este número foi modificado para cinco mil turnos, visando evitar que modelos que tendessem à perpetuidade, ficassem em execução indefinidamente. Este número corresponde, em termos de comparação do tempo vida do agente com o tempo de vida humana, a cerca de 250 gerações e foi atingido por poucas configurações experimentais, a grande maioria com fortes indícios de estabilidade que as levariam à perpetuidade. Portanto, há indicações de que, para o modelo em questão, trata-se de um limite bastante coerente.

Para aquelas questões relativas às análises e agregação dos dados, procurou-se transpor soluções bem sucedidas em experimentos computacionais similares, ou abordagens análogas àquelas que seriam adotadas em testes de ensaios com problemática semelhante, em experimentos em ambiente real. Por se tratar de um estudo com uma série de hipóteses em teste, também foi necessário estabelecer critérios experimentais e de análise distintos para cada hipótese ou grupo destas.

Devido às características dos experimentos de etologia sintética, reconheceu-se também, que a certeza da lógica dedutiva não pode ser alcançada, por limitações relativas ao objeto de estudo. Portanto, as análises deste experimento têm em comum o uso da lógica indutiva, a partir de modelos computacionais, conforme preconizado por Billari et al. (2006). De acordo com Baronett (2009, p. 59), a lógica

indutiva permite verificar: “[...] (1) Qual a probabilidade da conclusão ser verdadeira [...]? e (2) Qual é a evidência existente de que as premissas são verdadeiras?” Estas duas perguntas, nortearam tanto os procedimentos experimentais, como os resultados do presente estudo, principalmente a segunda que atinge exatamente ao foco desta pesquisa.

6.3.1 Procedimento experimental para teste das hipóteses 1, 2 e 3

A hipótese 1, consistia em verificar se os sistemas sociotécnicos que formam as organizações, possuem como característica uma dinâmica autopoietica que emerge da interação entre os sistemas técnicos e sociais das mesmas, premissa usada para sustentar a noção da Dinâmica Simbiótica.

Para tal, a simulação de controle, com a semente do gerador de números aleatórios 76913, teve suas configurações básicas mantidas, a exceção do inventário inicial dos cinquenta primeiros agentes que partiu de 50% da base máxima para cálculo, ao invés de partir de zero, como na simulação de controle. A opção pela partida já carregada no inventário, visou agilizar o processo de criação dos sistemas técnicos. Isto porque, o procedimento analítico adotado para esta hipótese foi qualitativo e precisou ser assistido por várias vezes para coleta de detalhes sobre como e porque as desintegrações ocorriam e posteriormente repetido para que imagens e dados específicos fossem salvos para exemplificação.

Cabe ressaltar que durante a fase de calibragem do modelo, ele ainda não contava com a função para regenerar sua estrutura formal de relações – hierarquia – conforme descrito na estrutura básica do modelo. Esta foi inserida após os resultados preliminares mostrarem que a capacidade de regeneração do sistema, a partir de um comportamento baseado apenas nos dispositivos de contratação, provocava pesadas disfunções estruturais, muitas vezes letais para as organizações. Para validação desta constatação, nesta etapa do estudo também foram avaliadas as médias de tempo de sobrevivência da organização, tanto com esta função

ativada, como com ela desativada, a partir de um teste t de Student com intervalo de confiança de 95%.

De acordo com Stevenson (1986) e Sweeney, Williams e Anderson (2014), o teste t de Student é adequado para verificar se há diferença estatisticamente significativa entre as médias de duas amostras distintas, que representam diferentes situações, como verificar a eficácia de um determinado tipo de ação ao longo do tempo. Portanto, é totalmente compatível com as necessidades de verificar se há mesmo vantagem significativa na implantação de tal função.

Neste tipo de teste, a hipótese nula é que as diferenças entre as médias não é estatisticamente relevante e são fruto de mera casualidade (Stevenson, 1986; Sweeney et al., 2014). Portanto, rejeitar a hipótese nula corresponde a aceitar que há diferença estatisticamente significativa entre as médias das amostras e assim, equivale a aceitar que há diferença estatisticamente significativa entre os tempos de vida das organizações dotadas de tais sistemas e aquelas que não o possuem.

O teste em pauta foi realizado por meio do software SPSS 20 da IBM, em conjunção com um teste de Levene, para verificar se as variâncias das amostras eram homogêneas. No SPSS 20 o teste t de Student é bicaudal e é calculado tanto para variâncias homogêneas quanto não homogêneas. O teste de Levene é fundamental neste contexto, para selecionar a melhor estratégia de cálculo para o teste t de Student e por isso foi realizado em conjunção com o mesmo.

Outros atributos importantes, como a alavancagem produtiva dos sistemas técnicos e os sistemas de contratação, foram inseridos antes mesmo da fase de calibragem, durante a fase de elaboração do algoritmo base, mas se mostraram essenciais para estabilidade do sistema. Maiores detalhes sobre estas questões, são tratadas juntamente com os resultados, na seção 7 deste trabalho.

Apesar da execução do teste t de Student para validar a necessidade de incorporação do sistema de regeneração da rede formal de relações, a análise dos resultados desta hipótese teve natureza qualitativa e se deu por meio da observação atenta do comportamento dos sistemas alvo, assim como foi feito na análise e caracterização do modelo de sistema autopoietico, proposto por Varela et al. (1974). A hipótese nula foi considerada rejeitada, quando os objetos alvo demonstraram atender às duas características básicas de um sistema autopoietico, propostas por

Varela et al. (1974, p. 188) em seu experimento. Adaptando-as ao contexto organizacional, são elas:

1. Através de suas interações internas, estes sistemas geram e participam recursivamente da mesma rede de relações que os produzem.
2. Estes sistemas realizam a organização como uma unidade material que permite separa-la topograficamente e operacionalmente do ambiente, apesar das mudanças em seus constituintes e interações internas.

Para facilitar a visualização e diagnóstico dos casos analisados, as simulações foram paralisadas, reconfiguradas para aumentar contrastes e permitir a visualização das ligações e os agentes foram organizados por meio do algoritmo de Fruchterman e Reingold (1991). Este algoritmo faz com que os agentes ajam como se estivessem conectados por um conjunto de molas, ao mesmo tempo que se repelem entre si. Ele promove um agrupamento bem arranjado daqueles agentes que se encontram dentro da mesma rede formal de relações e está implementado no NetLogo 5.1.0 na função *layout-spring*, o que simplifica seu uso, já que é desnecessário construir uma função específica para tal.

Ressalta-se que a cada uso desta combinação de recursos de visualização, a simulação precisou ser reiniciada, pois a aplicação dos mesmos destrói o fluxo natural de comportamento dos agentes o que poderia afetar os resultados futuros e impossibilitar a replicação do experimento. Apesar de trabalhoso, o uso desta abordagem permitiu analisar a construção da rede formal de relações da organização, assim como as mudanças qualitativas em sua estrutura. Também permitiu preparar amostras gráficas inteligíveis para o leitor, que não seriam possíveis sem uma organização visual do objeto de estudo.

A mesma configuração experimental adotada para teste da hipótese 1, foi usada para verificar as hipóteses 2 e 3. Estas buscavam averiguar, respectivamente: se a incorporação de novos agentes ou subsistemas sociais implicava em risco para a organização e; se as organizações com estruturas mais simples tinham maior capacidade de sobreviver, em caso de crises de recursos.

Em ambos os casos, o fluxo de recursos e as características dos agentes incorporados, foram acompanhados em organizações alvo, durante as audiências utilizadas para o estudo da hipótese 1. Toda vez que um novo agente assumia uma nova posição, as consequências eram cuidadosamente avaliadas, turno a turno, tanto na visualização, quanto nos gráficos e contadores do simulador. Os casos alvo, também tiveram seu crescimento e colapso avaliados individualmente, turno a turno, em busca de padrões que pudessem ser relatados para identificar possíveis faltas de recursos e a implicação do tamanho da organização nesta questão.

Para a hipótese 2, a hipótese nula foi rejeitada quando houve pelo menos um caso, onde a introdução de um dado agente levou a organização a um patamar qualitativo que a encaminhasse para o colapso. Já a hipótese 3, teve sua hipótese nula rejeitada quando identificado algum caso onde uma dada crise de recursos levou ao colapso das organizações maiores, preservando as de menor porte. Entende-se como crise de recursos para o caso em questão, falta de dinheiro, inclusive por baixa demanda, falta de mão de obra ou qualquer insumo de produção, necessário para a manutenção das organizações alvo.

6.3.2 Procedimento experimental para teste das hipóteses 4, 5, 6 e 7

A análise das hipóteses 4, 5 e 6 se deu com base em variações em cima do modelo de controle da simulação. Diferente dos testes descritos no capítulo 6.3.1, nestes, os cinquenta agentes que deram origem à simulação partiram com seus inventários em nível zero e precisaram gerar as condições para que os sistemas técnicos emergissem e se desenvolvessem.

Foram realizadas inicialmente cem rodadas da simulação de controle, sem nenhum tipo de interferência ou laço cooperativo dos agentes com seu ambiente, para serem as referências usadas para mensurar as variações de longevidade do sistema e também as variações qualitativas do mesmo, nas mais variadas situações. A primeira delas foi feita com a semente adotada como padrão do experimento para o gerador de números randômicos – 76913 –, visando garantir a reprodutibilidade do

experimento. As demais, tiveram esta semente determinada pelo mecanismo de geração de sementes aleatórias baseado no tempo, implementado no NetLogo. Esta abordagem foi adotada para possibilitar a emergência de situações variadas que permitissem excluir a possibilidade de que a longevidade atípica de uma dada população de agentes em uma simulação, levasse a conclusões equivocadas.

Para confirmação da hipótese 4, que versa sobre o surgimento de rupturas no sistema, a análise foi qualitativa, já que os gráficos foram utilizados para comparar as mudanças de configuração estrutural, provocadas por cada condição na simulação. Os gráficos de recursos, número de organizações, capacidade produtiva e população, foram avaliados em busca de mudanças de configuração dos sistemas, que levavam a novos patamares de ordem, tendo por base a simulação com a semente padrão para o gerador de números aleatórios. A ocorrência deste tipo de mudanças levou à rejeição da hipótese nula.

Com o objetivo de verificar a hipótese 5, foi tomada uma simulação nas condições padrão, exceto por nesta, ter sido incorporada uma função que obrigava os agentes vinculados a uma organização a semear o terreno. Este procedimento visava dotar as organizações de uma mínima capacidade de moldar o ambiente e estabilizá-lo dentro de suas necessidades, sem complexificar demasiadamente o mesmo. Esta simples intervenção poderia parecer insuficiente para gerar os resultados preconizados pela abordagem da Dinâmica Simbiótica, mas como será visto no capítulo 7.2, estas implicaram em resultados significativos sobre a longevidade dos sistemas e foram suficientes para confirmar a hipótese em teste.

Nas organizações do tipo 1 e 2, os agentes semeavam sua vizinhança de Von-Neumann com o principal insumo produtivo destas – Grão 1 para sistemas técnicos do tipo 1, Grão 2 para sistemas técnicos do tipo 2 –, avançavam três locações e repetiam o processo pelo inteiro multiplicador de produtividade da organização, sempre que estes verificavam que o terreno em um raio de 10 locações tinha menos de 10% de sua composição formada por estes insumos. Já os agentes vinculados às organizações do tipo 3, plantavam sementes das três plantas, seguindo o procedimento anteriormente citado, toda vez que o terreno se encontrava sem nenhum tipo de planta. Entretanto, estes alternavam as sementes, visando manter a disponibilidade de plantas em uma relação de duas plantas dos tipos 2 e 3

para cada planta do tipo 1. Estes também replantavam uma planta a cada coleta, seguindo esta mesma proporção.

Este procedimento foi calibrado empiricamente, até que fosse obtido um formato que permitisse menor uso de poder computacional e garantisse ao mínimo certa capacidade de recomposição do ambiente, por parte dos sistemas sociotécnicos. A otimização do uso de poder computacional foi fundamental, pois este modelo experimental foi utilizado também para o teste da hipótese 6 e foi aquele que apresentou maior tempo de execução para cada simulação. Além disto, a simplicidade obtida, vai ao encontro daquilo que é preconizado pelas abordagens de simulação, já que representa o comportamento mínimo para que a dinâmica em análise possa emergir, conforme sugerido por MacLennan (1992) e Farmer e Foley (2009).

Para testar se houve mudança significativa nas médias de longevidade das organizações, rejeitando a hipótese nula para a hipótese 5, foi realizado um teste estatístico t de Student para amostras independentes, comparando os dados de longevidade da simulação de referência, com os da simulação com a função semear ativada. Assim como na avaliação dos sistemas de regeneração, o teste em pauta levou em consideração um intervalo de confiança de 95% e foi realizado por meio do software SPSS 20 da IBM, em conjunção com um teste de Levene, para verificar se as variâncias das amostras eram homogêneas.

Conforme visto anteriormente, este tipo de teste é adequado para verificar se há diferença estatisticamente significativa entre as médias de duas amostras distintas, que representam diferentes situações. Portanto, é totalmente compatível com as necessidades de validação da hipótese em questão, já que médias de longevidade diferentes, implicam em melhor ou pior resultado de uma ou outra abordagem.

O teste da hipótese 6 foi realizado de maneira similar, mas tomando como base cinco situações distintas. A primeira, supondo a presença de um agente regulador que obrigava as organizações a participem da regeneração do sistema por meio da função semear. A segunda e a terceira, supondo a presença um agente regulador que proibia a reprodução dos agentes, quando a população ultrapassava um dado limite, esta foi realizada em dois formatos, descritos adiante. A quarta,

supondo a presença de um agente regulador que impedia o consumo de recursos, quando a quantidade destes baixasse de um determinado nível no sistema – abordagem similar à adotada pelos sistemas de controle de pesca em países como os EUA. A última, pressupondo a presença de um agente regulador que limitava a reprodução e, também, forçava a participação na regeneração do sistema.

A escolha destas comparações teve seu enfoque direcionado às intervenções ligadas ao controle das taxas de regeneração e degradação dos suprassistemas, para se adequar às proposições de Terra e Passador (2014). Foram testadas interferências em nível social, como o limite à reprodução dos agentes e em nível do ecossistema, como as restrições de exploração e regeneração proativa dos mesmos.

As três primeiras situações foram estabelecidas tendo em mente a proposição de que sendo os sociossistemas e os ecossistemas entidades autopoiéticas, a relação entre taxa de desintegração e taxa de regeneração seria crucial para manutenção da estabilidade destes sistemas. A última configuração, foi desenvolvida com base nos resultados das três primeiras, após estas darem indícios de que os melhores resultados, em termos de longevidade, seriam obtidos quando controle populacional e participação na regeneração dos suprassistemas fossem conjugados.

Para atender a primeira condição, foram feitas simulações com a função semear ativada, com as mesmas características usadas no teste da hipótese 5. Na segunda, foi delimitado que os agentes só poderiam se reproduzir se no início do turno houvesse no máximo 200 agentes no cenário. Posteriormente, testes empíricos com outras configurações de limite populacional, sugeriram que um número limite de 95 agentes poderia ser muito mais vantajoso e este também foi testado. Para a quarta condição, os agentes só poderiam explorar determinados tipos de bens, se a quantidade disponível destes bens no cenário fosse superior a 25.000 unidades. Conforme citado anteriormente, a última condição envolveu uma conjugação das duas primeiras, associando a função semear com o limite populacional de 200 indivíduos.

Para cada uma das condições, foram executadas cem simulações, com inventário dos agentes iniciado em zero, que foram comparadas com a simulação de

controle. Este número foi suficiente para garantir confiabilidade da amostra nos casos analisados. A primeira simulação de cada condição, foi tomada com a semente adotada como padrão para o gerador de números aleatórios neste experimento, as demais com as sementes baseadas no tempo, criadas pelo próprio NetLogo 5.1.0.

Os critérios de paralização foram os citados anteriormente: morte do último agente ou; limite de 5.000 turnos. Ao final de cada rodada foi tomado o número de turnos que o sistema socioeconômico sobreviveu, até o limite de 5.000 turnos. O limite de sobrevivência destes sistemas foi dado pela morte do último agente ou extinção definitiva do Grão 2, o que ocorresse primeiro.

O limite não foi definido exclusivamente pela morte do último agente, como era intuitivamente esperado, pois o Grão 2 era o único capaz de ofertar metabólitos para os mesmos e em alguns casos o sistema chegava a este nível limite, com pesado volume de estoques de produtos do tipo 2. Como a partir do momento da extinção definitiva do Grão 2, o sistema já encontrava-se condenado, restando apenas o consumo de seus estoques, este ponto de ruptura também foi tratado como colapso do mesmo.

Para verificação da hipótese do papel do agente controlador na longevidade do sistema socioeconômico, também foram realizados testes estatísticos t de Student comparando as médias de sobrevivência destes, com a simulação controle, em cada uma das condições de teste. Assim, rejeitar a hipótese nula de cada um destes testes, implicava em aceitar que há diferença estatisticamente significativa entre as médias das amostras, o que poderia levar à rejeição da hipótese nula da hipótese 6, para um dado tipo de intervenção.

Cabe ressaltar que apesar da similaridade entre o teste da primeira condição da hipótese 6 e o teste da hipótese 5, estes diferem de maneira significativa, já que o primeiro tem foco na longevidade das próprias organizações, enquanto o segundo tem foco no tempo de vida do sistema socioeconômico, tomado como um todo.

Por fim, a hipótese 7 visava verificar se um balanço entre capacidade de regeneração do ecossistema e o consumo de recursos era importante para longevidade dos sistemas socioeconômicos. Esta análise foi feita através de testes empíricos envolvendo a simulação controle e as condições dos experimentos

realizados para validação da hipótese 6, que também passaram por um procedimento analítico híbrido, envolvendo uma análise quantitativa por meio de gráficos e testes t de Student e qualitativa do cenário dos experimentos.

7 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

O objetivo desta seção é apresentar os resultados referentes à validação de sete, entre as principais hipóteses que sustentam a perspectiva da Dinâmica Simbiótica. São elas: (1) a dinâmica dos sistemas sociotécnicos descritos pela dinâmica simbiótica é autopoietica; (2) incorporações de novos agentes e subsistemas consistem em um risco para as organizações; (3) organizações com estrutura simples possuem maior capacidade de sobrevivência do que as organizações de maior porte, em caso de crise de recursos; (4) a dinâmica dos sistemas sociais implica no surgimento de rupturas sucessivas que geram novas configurações estáveis; (5) as organizações que trabalham em prol da estabilidade do meio tendem a sobreviver por mais tempo do que aquelas que não o fazem; (6) os agentes reguladores centrais podem contribuir para ampliar a longevidade dos sistemas socioeconômicos e; (7) O balanço entre capacidade de regeneração do ecossistema e o consumo de recursos é importante para longevidade dos sistemas socioeconômicos.

Todas as hipóteses em teste, dizem respeito à sustentabilidade dos sistemas envolvidos. As três primeiras se referem à dinâmica da própria organização e foram analisadas à luz do tratamento proposto no capítulo 6.3.1. Já as quatro últimas, dizem respeito à interação entre as organizações e o meio ambiente e à própria sustentabilidade dos suprassistemas dos quais as organizações dependem. Estas foram tratadas de acordo com o que foi apresentado no capítulo 6.3.2.

Por sua similaridade e relação, os resultados referentes às três primeiras hipóteses foram apresentados no capítulo 7.1, enquanto aqueles referentes às quatro últimas, o foram no capítulo 7.2. Além disso, foi apresentada no capítulo 7.3, uma síntese sobre achados que não eram previstos inicialmente. Espera-se com isto, contribuir para futuros estudos nas áreas de economia e dinâmica social que possam levar em consideração as questões suscitadas por este estudo.

7.1 ORGANIZAÇÕES COMO SISTEMAS SOCIOTÉCNICOS AUTOPOIÉTICOS

Conforme visto no capítulo 6.3.1, o primeiro grupo de análise proposto para este trabalho se referia a três hipóteses que diziam respeito às propriedades das organizações, tomadas individualmente. A primeira delas, visava verificar se os sistemas sociotécnicos que formam as organizações, se constituíam como redes autopoieticas. Esta hipótese foi testada mediante uma análise envolvendo um procedimento qualitativo, a partir das regras simples de regeneração e autorreferência que visavam estabelecer os requisitos mínimos para que este tipo de dinâmica surgisse e se mantivesse ao longo do tempo.

Estas foram: (1) A organização é capaz de incorporar agentes externos em sua rede formal de relações; (2) Os agentes só aceitam ser incorporados se perceberem benefício neste processo; (3) A organização é capaz utilizar agentes de fora ou de sua própria estrutura, para regenerar sua rede formal de relações e; (4) A alavancagem de produtividade, promovida pelo sistema técnico da organização, se dá em razão das habilidades daqueles que organizam e formulam o mesmo.

A primeira regra foi incorporada por meio de dedução lógica, por ser requisito necessário para a construção de uma rede social. Se um sistema social se forma pela relação entre agentes, sem agentes incorporados em uma rede de relacionamentos, não é possível constituir um sistema social. Portanto, a regra 1 é requisito fundamental para que as organizações se formem como sistemas sociotécnicos, já que é necessária para que se estabeleçam redes de relações sociais, independente do tipo.

Como era de se esperar, durante as etapas iniciais de elaboração do modelo, foi possível verificar que quando uma organização não conta com um sistema de recrutamento, capaz de formar ao menos uma rede de relações em torno do sistema técnico, estas são incapazes de se desenvolver como um sistema social. Enquanto não contavam com nenhum dispositivo para gerar vínculos exclusivos entre os indivíduos que compunham suas estruturas, todas as organizações se mantiveram como uma simples associação entre um agente e uma “ferramenta de

alavancagem”, representada pelo sistema técnico. Foi a introdução da capacidade de incorporar agentes em uma estrutura organizada que garantiu às organizações seu potencial de desenvolvimento, enquanto sistema sociotécnico. Deste modo, pode-se concluir que um mecanismo de recrutamento e organização estrutural é requisito mínimo para a formação de uma composição deste tipo.

A segunda regra teve origem na concepção de que em um contexto no qual os agentes buscam a maximização de seu bem estar e possuem liberdade de escolha, estes só sacrificam o interesse individual em prol de um dado interesse organizacional, se o benefício que puderem obter desta associação, for maior do que que o benefício que estes poderiam obter individualmente. Deste modo, assim como preconizara Barnard (1938), a cooperação surgiria quando os agentes vislumbrassem a possibilidade de obter ganhos que não poderiam conseguir individualmente.

Quando os agentes foram colocados para interagir diante de regras onde a escolha pela associação se deu por meio de princípios econômicos, baseados no comportamento descrito no parágrafo anterior, o que se observou é que a cooptação de agentes pelas organizações foi facilitada quando os mesmos possuíam grande vulnerabilidade econômica e/ou quando os sistemas técnicos destas possuíam elevado potencial de alavancagem produtiva, para lhes permitir gerar excedente, tanto para o indivíduo, quanto para a organização.

Com relação à vulnerabilidade econômica, os agentes com baixo inventário de dinheiro e estoques razoáveis daquele produto que produziam com maior eficiência, tendiam a valorizar muito mais as possibilidades ofertadas pelas organizações e, por isto, convergiam para se associar com maior facilidade aos sistemas sociotécnicos, como era esperado. Isto porque, a utilidade que davam para o dinheiro era bem mais alta do que aquela que obtinham por meio da produção do item para o qual possuíam maior habilidade de gerar. Isto fazia da vulnerabilidade econômica dos agentes, um fator importante para a incorporação dos mesmos e impactava significativamente na avaliação que estes faziam em relação aos benefícios trazidos por uma dada associação.

Entretanto, no decorrer dos experimentos, o impacto desta variável se mostrou menos significativo, para garantir um bom volume de associações, do que a

alavancagem produtiva da organização. Mesmo em situações onde o agente tinha menor vulnerabilidade econômica, a alavancagem produtiva permitia à organização ofertar remunerações maiores e com isso, angariar mesmo os agentes em melhores condições econômicas para suas estruturas produtivas.

Apesar do modelo não ter sido desenhado para mensurar especificamente esta relação, este fenômeno pôde ser claramente notado em todo o conjunto de simulações realizadas, ao se comparar o volume de postos ocupados nas organizações com elevado potencial de alavancagem produtiva, com aquelas com um baixo valor nesta variável. Isto era evidente, principalmente, em grandes organizações atingidas por perdas de pessoal. Naquelas de menor alavancagem produtiva, os postos abertos permaneciam mais tempo desocupados.

Tabela 1: Nível de alavancagem da produtividade vs. ocupação nas organizações BC1

Organização	Alavancagem de Produtividade	Postos Vagos	Total de Postos	% Desocupação
BC1 616	2,05600740459211	1	1	100%
BC1 618	2,13169835180144	1	1	100%
BC1 615	2,37899505191003	0	1	0%
BC1 72	2,85138381002744	2	6	33%
BC1 85	3,30074858147392	3	4	75%
BC1 66	5,02313713415773	1	14	7%
BC1 83	5,72260885000735	1	6	17%
BC1 76	5,97769169518915	2	11	18%
BC1 617	6,11460225617828	0	1	0%
BC1 619	6,47177358010813	1	1	100%

Fonte: Elaborada pelo autor

Um levantamento da relação entre alavancagem produtiva e ocupação de postos nas organizações BC1, permite visualizar claramente esta tendência. A tabela 1, mostra esta relação no turno 150 da simulação modelada para o teste da hipótese 1. Nesta condição, havia no cenário dez organizações BC1 e a média de alavancagem produtiva deste tipo de sistema era de 4,20286467154456. Os dados mostrados apontam que, exceto pelas organizações BC1 615 e BC1 619, que constituem-se em exceções, todas as organizações com alavancagem produtiva menor do que a média, apresentavam um percentual de postos vagos maior ou igual

a 33%, enquanto aquelas com alavancagem produtiva maior do que a média, não apresentavam taxa de desocupação maior do que 18%.

Apesar de ser mais claramente visível nas organizações BC1, pelo porte que estas atingiam em relação as demais, este comportamento predominou entre todas as organizações, durante todo o conjunto de simulações.

Outro aspecto relevante para a manutenção das estruturas das organizações, é o que se refere à regra 3. Esta versa sobre a capacidade de regeneração das redes formais de relações – estrutura adotada para representar o sistema social das organizações. Apesar de a regeneração da rede formal de relações da organização ter se mostrado possível, mesmo em situações nas quais um sistema especializado não estava presente, a substituição de um agente de supervisão se mostrou extremamente perigosa. Isto porque, este tipo de perda levava a uma necessidade de recontratar todo o ramo perdido o que nem sempre ocorria de forma otimizada ou na velocidade necessária para garantir que a organização não viesse a se desintegrar.

Quando dotadas de um sistema que visava escolher a melhor opção para repor um quadro de supervisão perdido, levando em consideração as melhores alternativas entre possíveis ramos de sua rede formal de relações e possíveis agentes externos, as organizações demonstraram maior agilidade e maior eficácia na regeneração de sua estrutura, o que contribuiu para a longevidade das mesmas. Esta constatação pôde ser validada por um teste de t de Student, comparando as médias de tempo de vida das organizações na simulação de controle, com e sem o sistema de regeneração da rede formal de relações. Apesar de não ser previsto inicialmente, este teste pôde ser realizado, pois as simulações foram desenhadas para registrar a longevidade das organizações, visando responder à hipótese 5, o que contribuiu para aprimorar o entendimento desta questão.

Os resultados desta comparação podem ser vistos na tabela 2. Nela, o teste de Levene indicou significância zero para uma aproximação de três casas decimais. Portanto, para um intervalo de confiança de 95%, conforme determinado para esta pesquisa, foi possível rejeitar a hipótese de que as variâncias das amostras são homogêneas. Nestas condições de cálculo, também para um intervalo de confiança de 95%, a hipótese nula deve ser rejeitada. Portanto, foi possível constatar que há

diferença estatisticamente significativa entre as médias de tempo de vida das organizações, quando estas possuem ou não sistemas para regeneração de suas estruturas de relações, em favor da primeira condição.

Tabela 2: Diferença entre o tempo de vida de organizações com e sem regeneração da rede formal de relações.

Group Statistics					
Simulação		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Tempo de Vida	Sistemas Técnicos com Regeneração	100	57,61	85,035	8,503
	Sistemas Técnicos sem Regeneração	278	17,33	20,365	1,221

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
Tempo de Vida	Equal variances assumed	111,036	,000	7,349	376	,000	40,279	5,481	29,502	51,056
	Equal variances not assumed			4,689	103,112	,000	40,279	8,591	23,242	57,317

Fonte: Elaborada pelo autor com o *software* SPSS 20.

Deste modo, pode-se concluir que as simulações desenvolvidas para esta pesquisa, apontaram que um sistema voltado a recompor e regenerar a rede formal de relações das organizações, mesmo que orientado à simples substituição de perdas no quadro de gestores, se faz útil para garantir maior longevidade do sistema. Tal constatação, vai ao encontro das proposições de Varela et al. (1974) e Maturana e Varela (1997). Os autores colocam este tipo de habilidade de regeneração, como uma característica típica dos sistemas autopoieticos, onde quanto mais eficaz a mesma, maior a capacidade os mesmos, de resistir à degeneração de sua estrutura. Isto confere os primeiros indícios de que quando dotadas de tal propriedade, as organizações sociais deste tipo podem sim se tratar de sistemas autopoieticos.

Já a regra 4 é orientada para a autorreferência, no que tange à realização do sistema técnico como uma construção do sistema social. Uma vez que a Dinâmica Simbiótica encara a estratégia como um programa realizado por uma complexa máquina social – ver capítulo 4.2 – e, conforme Mintzberg et al. (1998), a estratégia precede a estrutura e é precedida por esta – ver capítulo 3.1 –, é de se esperar que haja, na construção de um modelo deste tipo, um mecanismo de autorreferência que dê à estrutura, representada pelos sistemas técnicos, propriedades que emergem dos componentes de seu sistema social.

Quando este conjunto de 4 regras básicas, encontradas nas organizações reais, estava presente, foi possível observar que os sistemas técnicos acabaram atuando de maneira análoga ao catalizador, proposto no modelo autopoietico de Varela et al. (1974). Eles se mostraram como o principal atrator para sustentação da dinâmica organizacional, pois eram dotados das estruturas de contratação e regeneração da rede formal de relações, voltadas a conectar agentes em sua rede social e também pelo fato de sua alavancagem produtiva ser o que atraía novos agentes e permitia a incorporação dos mesmos como componentes do sistema sociotécnico.

Uma vez que os próprios agentes participavam da construção desta alavancagem produtiva, em especial aqueles que faziam parte da estrutura de supervisão, é possível afirmar que havia uma recursividade neste sistema, onde os agentes participavam da produção daquilo que os atraía no sistema técnico, assim como o sistema técnico participava da construção das estruturas sociais, por meio da cooptação de agentes. Como era de se esperar em um modelo deste tipo, esta recursividade, típica dos sistemas autopoieticos propostos por Varela et al. (1974), foi vista em todas as organizações dotadas das regras anteriormente citadas e atende ao primeiro requisito para que um sistema possa ser considerado autopoietico.

Quando observadas, também foi possível distinguir as organizações do meio, mesmo quando suas composições tinham componentes substituídos, causando pequenas alterações estruturais. A topologia dada pela ligação formal entre os agentes e destes com o sistema técnico, permitia discernir até mesmo as estruturas sociais das organizações observadas, daquelas estruturas análogas que se formavam por similaridade entre os agentes no contexto social originalmente descrito por Luhmann (1995).

As figuras 19, 20 e 21, tomadas no turno 250 da simulação desenhada para o teste desta hipótese, ilustram esta característica. Nelas, os *links* azuis simbolizam as relações sociais espontâneas, mantidas pelos agentes a partir de sua similaridade. Os *links* vermelhos simbolizam as relações sociais mantidas para viabilizar a estrutura social da organização, por meio de uma rede formal de relações. Já os

links verdes, indicam a relação entre os agentes e os sistemas técnicos aos quais estes se encontram vinculados.

Figura 19: Cenário - Turno 250 com organizações e agentes em seu contexto.

Fonte: Simulação configurada para confirmação da hipótese 1, com semente do gerador de números aleatórios igual a 76913.

Figura 20: Organização BC1 85 - Turno 250 com todos os *links*.

Fonte: Simulação configurada para confirmação da hipótese 1, com semente do gerador de números aleatórios igual a 76913.

Figura 21: Organização BC1 85 - Turno 250 com *links* hierárquicos e entre agentes e sistemas técnicos.

Fonte: Simulação configurada para confirmação da hipótese 1, com semente do gerador de números aleatórios igual a 76913.

A figura 19, mostra as organizações em seu ambiente, ressaltando a localização da organização BC1 85. Esta figura, além de ilustrar o contexto, também

permite observar a validade das proposições de Luhmann (1995), ao passo que se pode observar os links sociais – azuis – formando bolsões sociais dotados de características topográficas distintas.

As figuras 20 e 21 destacam a organização BC1 85 com sua estrutura organizada por meio do algoritmo de Fruchterman e Reingold (1991). Na primeira, ela é mostrada em meio à toda rede social dos agentes. Na segunda, são mostradas apenas as relações formais de relações e entre agentes e sistemas técnicos. A similaridade destes resultados com os de Varela et al. (1974) e, em especial, com a figura apresentada por Maturana e Varela (1997), é notável. A partir de um atrator, representado pelo sistema técnico, componentes externos que vagueavam em torno das estruturas eram agrupados em um sistema social formal, quando atendiam a certos requisito.

Ao mesmo tempo, todos os agentes tinham um vínculo em comum com o sistema técnico, apesar de nem sempre terem vínculos sociais uns com os outros. Esta estrutura era distinguível, principalmente por esta relação entre agentes e sistemas técnicos, apesar de as linhas formais de relações também se constituírem em um fator distintivo, já que eram relações impostas por uma regra particular de interação social que dizia respeito ao uso dos sistemas técnicos envolvidos e não por similaridade, como as demais relações sociais.

Cabe destacar neste ponto que a rede formada pelas linhas da rede formal de relações, por si só, não foi necessária para garantir que este requisito fosse atingido, apesar de também ser capaz de promover a distinção entre o sistema social da organização e o meio que a cercava. Esta constatação de que a relação entre agentes e sistema técnico é suficiente para promover esta distinção, é importante porque também possibilita que estruturas com redes sociais descentralizadas possam ser entendidas como totalidades autopoieticas.

Portanto, este resultado permite considerar que este tipo de entidade também atende ao segundo requisito de uma estrutura autopoietica, já que é distinguível do meio que a cerca, tanto por sua relação com um sistema técnico em particular, como pela topografia de sua rede de relações formais.

Outro ponto importante, observado nesta análise qualitativa, é que apesar de o principal atrator identificado ter sido o sistema técnico, por seu potencial de

captação e retenção de agentes na rede social da organização, os sistemas simulados neste modelo diferiram daqueles formulados por Varela et al. (1974). Isto porque estes contavam com bacias secundárias de atração dentro de seus sistemas sociais. Estas eram dadas pelos agentes supervisores, que concentravam determinados grupos de agentes executores em seu ramo hierárquico. Na prática, estas bacias de atração poderiam ser vistas como qualquer tipo de liderança, capaz de angariar núcleos sociais ao seu redor. Portanto, estas estruturas autopoieticas contavam com uma topologia mais complexa do que aquela proposta no modelo original de Varela et al. (1974) que se baseava em apenas um atrator, representado pelo catalizador.

Destarte, pode-se dizer, com base nas regras testadas neste experimento, que é possível rejeitar H_0 para a hipótese 1, quando as estruturas sociotécnicas respeitarem ao menos os requisitos de possuírem um mecanismo para incorporar agentes em sua estrutura, ligando indivíduos a um sistema técnico, e este último tenha seu desempenho afetado, de alguma maneira, pelos indivíduos que são integrados à este sistema. Como a interdependência entre sistemas técnicos e sociais é uma realidade nas organizações (Caravantes et al., 2005; Emery & Trist, 1960; Trist & Bamforth, 1951) e estas só existem enquanto sistemas sociais onde agentes são agrupados para cooperar (Barnard, 1938), é possível propor que a dinâmica formada por sistemas sociotécnicos como este, pode ser descrita como autopoietica, conforme proposto originalmente por Bauer (1999) e adotado como premissa pela abordagem da dinâmica simbiótica de Terra (2010) e Terra e Passador (2014).

Uma vez que tais estruturas podem ser vistas como autopoieticas, é válida a preocupação com a questão dos problemas relacionadas à taxa de regeneração das mesmas. Conforme lembram Varela et al. (1974), a sobrevivência de tal tipo de entidade depende, em última instância, da relação entre sua capacidade de regeneração e a taxa de desintegração à qual o sistema é submetido.

Nos testes realizados no decorrer deste experimento, ficou evidente que a simples recomposição gradual de ramos hierárquicos perdidos, por meio do mesmo processo que era usado para incorporação inicial dos agentes, era suficiente para compensar mesmo níveis mais elevados de desintegração. Mas quando o sistema

contava com uma rotina especializada na substituição e recomposição de sua rede formal de relações, o tempo de vida das organizações era significativamente estendido. Isto permite considerar que mecanismos especializados na recomposição da topologia da rede social da organização, mesmo que simplificados, são um requisito importante para garantir a longevidade deste tipo de estrutura.

Tal constatação conduz à avaliação da segunda hipótese analisada no decorrer deste trabalho que visa identificar se a incorporação de novos agentes na rede social da organização, implica em riscos para a mesma. É evidente que o *design* da simulação utilizada neste experimento não permite reconhecer pormenores dos riscos relacionados a esta incorporação. O que se propõe na avaliação desta hipótese é identificar apenas se esta incorporação implica em qualquer tipo de risco para a estrutura.

Durante a execução das simulações, foi possível perceber que a substituição dos agentes encarregados da execução das tarefas – o equivalente do nível operacional em uma organização real – praticamente não implicava em mudanças significativas na topologia social e na capacidade de sobrevivência das organizações. Entretanto, a substituição de agentes cujo papel na rede formal de relações era de supervisão, implicava em mudanças significativas no patamar qualitativo das mesmas.

Isto foi especialmente evidente nos processos de substituição dos proprietários. Durante as simulações, era comum que estes possuíssem maior nível de organização, por terem tido mais oportunidade de socializar ao longo da vida do que os demais agentes – esta era uma particularidade desta simulação, já que os agentes em posições de supervisão tinham como ação organizacional o ato de socializar. Ao irem a óbito, os sistemas de regeneração da rede formal de relações, nem sempre conseguiam alocar agentes dotados de níveis de organização maiores ou iguais aos do proprietário.

Quando um agente com menor nível de organização era alocado para substituir um dado nível de supervisão, acabava por provocar dois tipos de danos. O primeiro, devido a mudança na alavancagem produtiva ofertada pelo sistema técnico que acabava reduzida, já que esta era baseada na média de organização dos agentes em posição de supervisão. Tais mudanças levavam muitas das estruturas a

patamares de custos menos competitivos, levando-as ao colapso. O segundo, em decorrência das mudanças promovidas na topologia da rede social da organização que normalmente se tornava mais verticalizada pela redução da amplitude do controle no novo proprietário ou supervisor. Esta variação na amplitude do controle representou uma questão importante que foi capaz de provocar expressivos danos à rede autopoietica da organização e até mesmo uma redução fatal em sua competitividade, já que isto afetava diretamente os custos de supervisão.

Uma vez que houveram casos onde mudanças em componentes do sistema levaram à redução da competitividade da organização, mesmo em um quadro de interações bastante simplificadas, é possível rejeitar H_0 para a hipótese 2, confirmando que a incorporação de novos agentes pode sim representar riscos às organizações. Isto porque, este processo pode levar a organização a novos patamares qualitativos que na simulação implicavam em alterações na alavancagem produtiva e na topologia da rede social, mas que na prática poderia significar qualquer mudança estrutural que alterasse a redundância ou a estrutura de relações da organização, conforme proposto por Terra e Passador (2014).

Conforme visto no capítulo 4.2, este resultado remete aos estudos da simbiogênese de Margulis e Sagan (1987) e Margulis (1998). Tomando por base os estudos das autoras, Terra e Passador (2014), sugerem que os acoplamentos entre sistemas autopoieticos – no caso agentes e sistemas sociotécnicos – exigem dos gestores uma atenção especial no que tange aos problemas da complementariedade e do cuidado com a inserção de novas bacias de atração no sistema social. É preciso compreender que neste tipo de dinâmica, seres humanos atuam como atratores que podem alterar significativamente a estrutura (Goulielmos, 2005), tanto técnica como social, conforme também pôde ser verificado na análise da hipótese 1.

No terceiro e último experimento deste grupo, foi avaliado o impacto do porte na capacidade das organizações de resistirem às crises de recursos. Conforme visto anteriormente, foi realizada uma análise de abordagem híbrida, durante a execução de uma série de simulações, onde foi constatada a invalidação de H_0 para a hipótese 3. Isto porque, verificou-se que as organizações com maior porte realmente enfrentavam maiores dificuldades para lidar com escassez, tanto de recursos financeiros, quanto de insumos destinados à produção. Na grande maioria dos casos

simulados, era evidente que mesmo quando as organizações de maior porte não colapsavam nestas situações, elas acabavam apresentando grandes dificuldades financeiras que não eram vivenciadas pela grande massa de organizações de menor porte.

O resultado típico desta análise pôde ser visto nos primeiros 300 turnos da simulação, desenvolvida para o teste do primeiro grupo de hipóteses. Esta simulação se mostrou adequada para exemplificação dos resultados, pois proporcionou certo nível de estabilidade da população durante o período de análise – ver gráfico 11 – e logo no início, apresentou duas mudanças qualitativas no ambiente, dadas pelo aumento expressivo do número de organizações BC1 – ver gráfico 12 – e pela queda na disponibilidade de grãos para produção.

Gráfico 11: População no decorrer do teste da hipótese 3

Fonte: Elaborado pelo autor com base em uma simulação rodada com a semente padrão para o gerador de números aleatórios - 76913.

Gráfico 12: população no decorrer do teste da hipótese 3

Fonte: Elaborado pelo autor com base em uma simulação rodada com a semente padrão para o gerador de números aleatórios - 76913.

Conforme pode ser visto na marcação 1 do gráfico 12, o número de organizações BC1 permaneceu estável até o turno 149. Neste ponto, o ambiente já vinha acumulando uma queda no número de organizações BC2 e sofreu a entrada de 4 organizações BC1. Com a queda no número de organizações BC2, os preços dos produtos 2 aumentaram, fazendo com que, a partir do turno 149, as organizações BC1 passassem a dividir um volume menor de recursos financeiros entre um número maior de organizações, promovendo escassez de recursos em relação às disponibilidades anteriores de dinheiro e forçando os preços dos produtos 1 para baixo.

No turno 146, a organização BC1 66 já tinha 116 turnos de tempo de vida e junto com a organização BC1 73 era a maior organização presente no ambiente, com 12 postos de trabalho, todos ocupados, e excelente desempenho. Ela possuía 450.20110319174194 de dinheiro em caixa, 0 de estoques e uma alavancagem

produtiva de 5.010835678904417. Nesta mesma altura, a organização BC1 85 é apenas uma pequena estrutura com 4 postos de trabalho, sendo apenas 1 ocupado. As figuras 22 e 23 ilustram as condições destas organizações, inseridas no contexto do ambiente.

Figura 22: Organizações BC1 66, BC1 73 e BC1 85, apresentadas no contexto – turno 146.

Fonte: Simulação configurada para confirmação da hipótese 3, com semente do gerador de números aleatórios igual a 76913.

Figura 23: Organizações BC1 66, BC1 73 e BC1 85, prontas para visualização – turno 146.

Fonte: Simulação configurada para confirmação da hipótese 3, com semente do gerador de números aleatórios igual a 76913.

Assim que as novas organizações surgiram no mercado, a partir do turno 149, a organização BC1 73, que já vinha enfrentando dificuldades, entra em colapso – turno 150. Já organização BC1 66, que ainda se encontrava em boas condições, passou a acumular estoques e, por consequência, custos. No turno 153, o número de organizações BC1 aumentou em mais 1 unidade. Apesar do aumento no caixa, a organização BC1 66 continuou acumulando estoques e mesmo com sua alavancagem produtiva de 5.885108466777336 estando acima da média do setor – 4.432055403358468 –, no turno 170, esta organização já possuía 338 peças em estoque, a um custo total acumulado de 1444.739310635934. Neste mesmo turno, ela era a maior organização presente no cenário com 16 postos, todos ocupados, – ver figura 24 – Entretanto, sua disponibilidade de caixa já era de zero e ela estava entre as organizações em maior dificuldade.

A esta altura, apenas organizações com 8 ou menos postos ocupados apresentavam estoques zerados e desempenho satisfatório, metade do porte que a

organização BC1 66 apresentava no momento de seu colapso. No turno 170 a pequena organização BC1 85, com a mesma idade e um fator de alavancagem da produtividade abaixo da média do setor, valendo apenas 3.4826442528139183, se encontrava em franco crescimento com 5 postos de trabalho, todos ocupados – ver figura 25. Esta organização tinha a mesma idade da BC1 66 e quando submetida esta condição adversa, em termos de recursos, acabou se sobressaindo à organização BC1 66, apesar de ter uma produtividade abaixo da média. Este tipo de vantagem pôde ser visto em grande parte das organizações de menor porte, principalmente nas simulações onde foi acrescida a função semear por esta ter provocado grandes explosões populacionais que submeteram as organizações a pesadas restrições de acesso a recursos.

Figura 24: Organizações BC1 66, pronta para visualização – turno 170.

Fonte: Simulação configurada para confirmação da hipótese 3, com semente do gerador de números aleatórios igual a 76913.

Figura 25: Organizações BC1 85, pronta para visualização – turno 170.

Fonte: Simulação configurada para confirmação da hipótese 3, com semente do gerador de números aleatórios igual a 76913.

Entre os turnos 179 e 195 há um novo salto no número de empresas BC1. No turno 190 a organização BC1 66 se desintegra por falta de recursos para manutenção de sua rede formal de relações – comparar figuras 26 e 27. Neste turno, a segunda maior organização, BC1 83, apresenta 11 postos de trabalho, sendo 10 ocupados, e também encontra-se em dificuldade, já dependendo de recursos do proprietário para sobreviver. Entretanto, com o colapso ocorrido em certas organizações, principalmente na BC1 66 – ver marcação 2 do gráfico 12 – ela ganha

novo fôlego, pois a oferta de produtos 1 cai drasticamente e os recursos disponíveis para organizações BC1 passam a ser divididos por um número menor de organizações.

Figura 26: Principais organizações – turno 189.

Fonte: Simulação configurada para confirmação da hipótese 3, com semente do gerador de números aleatórios igual a 76913.

Figura 27: Principais organizações – turno 190.

Fonte: Simulação configurada para confirmação da hipótese 3, com semente do gerador de números aleatórios igual a 76913.

Gráfico 13: Disponibilidade de recursos no ambiente

Fonte: Elaborado pelo autor com base em uma simulação rodada com a semente padrão para o gerador de números aleatórios - 76913.

Com a mesma idade que a BC1 66 e a BC1 85, a organização BC1 83 foi a segunda destas a se desintegrar, no turno 230. Isto ocorreu assim que o número de novas organizações BC1 sofreu um novo salto para 20 estruturas do tipo, conforme pode ser visto na marcação 2 do gráfico 12. Além do maior número de organizações dividindo a disponibilidade de recursos financeiros, o turno 231 também marca um momento escassez de um outro recurso fundamental para as organizações deste tipo. Conforme pode ser visto no gráfico 13, a quantidade disponível de grão 1 cai a

níveis perigosamente baixos, deixando as organizações BC1 vulneráveis à falta de matéria prima e exigindo maior volume de trabalho para produção.

Neste momento, a organização BC1 85, que havia sobrevivido à primeira queda na disponibilidade de recursos financeiros, enquanto ainda tinha um porte reduzido, já era a maior organização do cenário, com 25 postos. Ela começou a apresentar seu primeiro sinal de declínio, juntamente com as organizações BC1 948, com 8 postos, e BC1 615, com 7 postos.

No entanto, já no turno 256, mesmo organizações grandes que ainda apresentavam bom desempenho, como a BC1 891 e a BC1 901, já haviam se desintegrado. Entre as organizações BC1, apenas a BC1 618, a BC1 615 e a BC1 85 continuaram crescendo. A primeira até atingir 5 postos, a segunda 11 postos e a terceira 33 postos, no turno 256. Entretanto, este crescimento se deu diante de dificuldades representadas pelo acúmulo de estoques que exigiu um fluxo constante de injeção de recursos dos proprietários ao longo deste período, apesar das duas últimas possuírem uma alavancagem de produtividade acima da média do setor.

Figura 28: Organização BC1 85 – turno 256.

Fonte: Simulação configurada para confirmação da hipótese 3, com semente do gerador de números aleatórios igual a 76913.

Durante toda a execução desta análise, a organização BC1 85 foi a que atingiu maior porte e complexidade na topologia de sua estrutura de relações formais, com 33 postos de trabalho – ver figura 28. Entretanto, passou 26 turnos de sua existência de 227 turnos, praticamente toda sua existência como uma das

maiores organizações do cenário, precisando de injeção de recursos por parte de seu proprietário, o agente 27.

No turno 257, a organização BC1 85 sucumbiu, dando início à uma fase de declínio das grandes organizações, que foram obrigadas a conviver com a escassez crescente de grãos 1 e o crescimento da competição das pequenas organizações. Uma comparação entre as figuras 29 e 30, permite verificar o início deste declínio. No turno 300, ao concluir esta análise, restavam apenas 63 unidades de grãos 1 no cenário e este contava com 35 organizações do tipo BC1. Apesar deste número ser muito superior àquele encontrado no início da análise, todas as grandes organizações já haviam colapsado, inclusive aquelas que haviam resistido ao declínio inicial da disponibilidade de grãos 1. As figuras 31 e 32 mostram a situação encontrada no turno 300 em seu contexto e prontas para visualização, onde os sistemas técnicos indicados em magenta, representam as organizações do tipo BC1.

Figura 29: Principais organizações – turno 231.

Fonte: Simulação configurada para confirmação da hipótese 3, com semente do gerador de números aleatórios igual a 76913.

Figura 30: Principais organizações – turno 257.

Fonte: Simulação configurada para confirmação da hipótese 3, com semente do gerador de números aleatórios igual a 76913.

Ao se comparar a situação vivenciada no turno 225 desta simulação – ver figura 32 – àquela vivenciada no turno 300 – ver figura 33 – é possível notar a drástica diferença encontrada entre a primeira condição, onde os recursos ainda eram abundantes, e a segunda, onde os recursos para as organizações BC1 já haviam se tornado extremamente escassos. No turno 225, seis das onze organizações BC1 tinham mais do que 5 postos, sendo que duas delas integravam

ao menos 20 agentes cada. Já no turno 300, diante da pesada escassez de grãos 1 e do número crescente de pequenas organizações dividindo o mercado, nenhuma organização com mais de 2 postos pôde ser encontrada.

Figura 31: Organizações, apresentadas no contexto – turno 300.

Fonte: Simulação configurada para confirmação da hipótese 3, com semente do gerador de números aleatórios igual a 76913.

Figura 32: Organizações, prontas para visualização – turno 300.

Fonte: Simulação configurada para confirmação da hipótese 3, com semente do gerador de números aleatórios igual a 76913.

Figura 33: Organizações – turno 225.

Fonte: Simulação configurada para confirmação da hipótese 3, com semente do gerador de números aleatórios igual a 76913.

Figura 34: Organizações – turno 300.

Fonte: Simulação configurada para confirmação da hipótese 3, com semente do gerador de números aleatórios igual a 76913.

O quadro ilustrado se repetiu em praticamente todos os formatos de simulação executados no decorrer deste estudo, inclusive nas séries de centenas de simulações, realizadas para verificar as hipóteses do segundo grupo. Cenários de

longa escassez, como os vistos no decorrer da simulação com a função semear ativada, registraram comportamento similar, com explosões populacionais que levaram à escassez de matéria prima e ao surgimento de um número demasiadamente grande de pequenas organizações que apresentaram grande longevidade.

Destarte, a análise dos casos tomados, permite rejeitar H_0 para Hipótese 3 e concluir que, de fato, as organizações menores tendem a sobreviver mais facilmente em caso de crises de recursos, do que aquelas com topologias mais extensas em sua rede social, conforme proposto por Terra e Passador (2014). Apesar de a simulação em si, não ter sido desenhada para explicar o porque deste fenômeno, ela acaba confirmando as previsões feitas pelos autores e dá indícios que este comportamento pode realmente se dar por conta das restrições declaradas pela lei da organização de Boulding e também pelos teóricos da biologia, como Valen (1973), Margulis (1998) e Margulis e Sagan (2002), que atribuem a relação entre tamanho do organismo e sobrevivência, à capacidade do meio de suprir a rede autopoietica da organização.

7.2 A ORGANIZAÇÃO COMO SIMBIONTE EM UM AMBIENTE AUTOPOIÉTICO

Conforme visto no capítulo 6.3.2, o segundo grupo de análise envolveu quatro hipóteses que se referiam ao ambiente nos quais as organizações se inserem. A primeira destas, denominada de hipótese 4, foi analisada a partir de uma abordagem híbrida que visava definir se o ambiente que rodeia as organizações era naturalmente sujeito a rupturas sucessivas que geravam novas configurações estáveis.

O primeiro grupo de dados analisados pode ser visto nos gráficos 14, 15, 16 e 17 e envolveu a simulação tomada apenas com os sistemas técnicos da

organização, sem nenhum tipo de intervenção e se utilizando da semente fixa 76913 para o gerador de números aleatórios. Conforme pode ser visto nos gráficos em questão, o ambiente no qual as organizações encontram-se inseridas passou por duas rupturas que o levou a se configurar de três maneiras distintas.

Em um primeiro momento, a oscilação na quantidade de recursos era alta – ver gráfico 17 –, e a população crescia a um ritmo moderado – ver gráfico 15. Nesta fase foram criadas as primeiras organizações cuja predominância era de estruturas do tipo BC3. Em um segundo momento se inicia uma expansão do número de organizações BC1, seguida de uma retração no número de organizações BC2 e BC3 – ver gráfico 15. Esta mudança qualitativa na estrutura dos setores, implica em maior disponibilidade de produtos 1 e, por consequência, de energia. Isto favorece uma explosão populacional que acaba por contribuir com o declínio da quantidade de grãos 1 disponíveis.

Gráfico 14: População no decorrer do teste da hipótese 4 – Caso 1.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em uma simulação rodada com a semente padrão para o gerador de números aleatórios - 76913.

Gráfico 15: Organizações no decorrer do teste da hipótese 4 – Caso 1.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em uma simulação rodada com a semente padrão para o gerador de números aleatórios - 76913.

Gráfico 16: Produtividade dos agentes no decorrer do teste da hipótese 4 – Caso 1.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em uma simulação rodada com a semente padrão para o gerador de números aleatórios - 76913.

Gráfico 17: Evolução dos recursos no decorrer do teste da hipótese 4 – Caso 1.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em uma simulação rodada com a semente padrão para o gerador de números aleatórios - 76913.

Conforme visto no capítulo 7.1, os experimentos mostraram que escassez de recursos, como o grão 1, tende eliminar as organizações de maior porte e favorecer o crescimento do número de organizações menores, como foi observado no terceiro

patamar qualitativo assumido pelo sistema mostrado – ver gráfico 15 e 17. A escassez de recursos também levou à uma redução na oferta dos produtos 1 que acabou forçando um aumento no número de interações sociais entre os agentes. Estas condições, somadas, levaram a uma expressiva queda da população – ver gráfico 14 – e um aumento significativo na capacidade de organização dos agentes – ver gráfico 16 – que foi capaz de prolongar a vida do sistema por cerca de mais 100 turnos.

Apesar das oscilações observadas dentro de cada patamar qualitativo alcançado, neste cenário foi possível identificar três tipos de comportamento relativamente estáveis o que depõe a favor da rejeição de H_0 para a hipótese 4. Entretanto, o contexto em questão, apresenta uma tendência ao colapso ao longo do tempo, assim como a maioria dos sistemas apresentados. Isto que aumenta propensão deste ambiente a variações estruturais, tornando-as até esperadas.

Para ampliar o entendimento da questão e mostrar que este tipo de comportamento estaria presente, mesmo em um ambiente com tendência à perpetuidade – lembrando que tais modelos tiveram a simulação interrompida aos 5000 turnos –, foi feita a opção de apresentar também um segundo caso de análise, baseado no modelo dotado de controle populacional – com limite máximo de 200 agentes para permitir a reprodução – e ação proativa das organizações na regeneração dos principais recursos consumidos – função semear, vista no capítulo 6.3.2.

Este caso também foi executado com a semente fixa 76913 para o gerador de números aleatórios e os resultados do mesmo podem ser vistos nos gráficos 18, 19, 20 e 21. Neles, fica evidente que o ambiente no qual as organizações encontram-se inseridas também passou por duas rupturas que também o levou a se configurar de três maneiras distintas. Entretanto, nesta ocasião, os novos patamares qualitativos foram muito mais duradouros do que no primeiro caso analisado.

Uma vez que neste cenário, a população era controlada por um sistema que só permitia aos agentes se reproduzirem, se a população inicial do turno não superasse 200 agentes, era de se esperar um certo nível de estabilidade da mesma ao longo do tempo. Foi isso que se observou logo após o início das simulações, a exceção das últimas três centenas de turnos do caso em análise, onde a população

declinou, em decorrência de uma queda significativa na oferta de grãos 2 – ver gráficos 18 e 21.

Gráfico 18: População no decorrer do teste da hipótese 4 – Caso 2

Fonte: Elaborado pelo autor com base em uma simulação rodada com a semente padrão para o gerador de números aleatórios - 76913.

Gráfico 19: Organizações no decorrer do teste da hipótese 4 – Caso 2

Fonte: Elaborado pelo autor com base em uma simulação rodada com a semente padrão para o gerador de números aleatórios - 76913.

Gráfico 20: Produtividade dos agentes no decorrer do teste da hipótese 4 – Caso 2.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em uma simulação rodada com a semente padrão para o gerador de números aleatórios - 76913.

Gráfico 21: Evolução dos recursos no decorrer do teste da hipótese 4 – Caso 2.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em uma simulação rodada com a semente padrão para o gerador de números aleatórios - 76913.

Diferente do primeiro caso, este iniciou com predominância de organizações BC2 e BC1, ambas voltas à produção de alimentos – ver gráfico 19. Com uma configuração composta por mais organizações, a primeira configuração contou com maior nível de empregabilidade dos agentes – ver gráfico 18 – e um pesado nível de consumo dos grãos 1 – ver gráfico 21 – que garantiu a emergência de um número maior de organizações BC1 de menor porte.

Com a retomada da disponibilidade de grãos 1, em decorrência das ações de recuperação feitas pelas próprias organizações – ver gráfico 21 –, a tendência foi de redução no número de organizações e concentração da produção naquelas de maior porte, apesar destas ainda serem pequenas se comparadas às organizações como a BC1 85, apresentada no capítulo 7.1. Esta configuração persistiu por um longo período, onde o número de agentes autônomos foi maior do que no primeiro patamar qualitativo, já que a quantidade destes, vinculados às organizações, era bastante reduzida – ver gráfico 18.

Próximo ao final do segundo ciclo, a abundância de bens aumenta significativamente o nível de socialização dos agentes que passam a ter melhoras expressivas em seus níveis de organização – ver gráfico 20. Com isto se abre um novo ciclo movido por uma grande expansão no número de organizações BC1 de pequeno porte – ver gráfico 19. Esta nova configuração promove uma grande recuperação da quantidade disponível de grãos 1 e da oferta de produtos oriundos do mesmo. Entretanto, pressiona os demais recursos, conforme pode ser visto no gráfico 21.

Destarte, foi possível constatar que mesmo em condições altamente reguladas, há variações, inclusive em níveis suficientemente grandes para indicar mudanças significativas no comportamento dos sistemas. Todavia, foi possível observar que entre os casos auxiliados por um dispositivo de controle qualquer e aqueles onde a ordem emergia sem interferência, parecia haver uma diferença na durabilidade dos patamares qualitativos atingidos por um dado sistema, o que corrobora os achados de Terra (2010) e Terra e Passador (2014). A longevidade deste tipo de sistema dotado de regulação também mostrou ser maior do que aquela encontrada nos casos desprovidos deste tipo de intervenção, conforme será analisado detalhadamente na hipótese 6.

Destarte, os casos ilustram que independentemente do tipo de configuração adotada nas simulações, as mudanças nas organizações e nas estruturas sociais, foram frequentes e criaram ambientes diversos para diferentes gerações de agentes. Estas novas configurações surgiram espontaneamente em todas as simulações realizadas com fins de validar as hipóteses deste trabalho, mesmo naquelas onde havia clara tendência de perpetuidade, o que é uma forte indicação de que a dinâmica deste tipo de sistema, implica no surgimento de rupturas sucessivas que geram novas configurações estáveis, invalidando H_0 da hipótese 4.

A segunda hipótese analisada neste grupo – hipótese 5 – tratava da afirmação de Terra (2010) e Terra e Passador (2014) sobre o aumento da longevidade das organizações que atuam visando garantir a estabilidade do meio em seu favor. Para tal, foi comparada a média de longevidade das organizações em duas situações distintas, executadas no modelo com a semente padrão para o gerador de números aleatórios – 76913. A primeira foi o experimento de controle,

onde as organizações atuavam como meras exploradoras do meio, e a segunda foi nas mesmas condições da primeira, adicionando uma funcionalidade onde as organizações atuavam plantando as sementes necessárias para sua atividade, quando estas se encontravam escassas – ver capítulo 6.3.2 para maiores detalhes.

Os resultados desta comparação, feita por meio de um teste *t* de Student, podem ser vistos na tabela 3. Nela, o teste de Levene indicou significância zero para uma aproximação de três casas decimais. Portanto, para um intervalo de confiança de 95%, conforme determinado para esta pesquisa, foi possível rejeitar a hipótese de que as variâncias das amostras são homogêneas. Nestas condições, também para um intervalo de confiança de 95%, a hipótese nula de que as médias são iguais deve ser rejeitada.

Tabela 3: Diferença entre o tempo de vida de organizações com e sem atuação visando ajuste do meio.

Group Statistics									
Simulação		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Tempo de Vida	Sistemas Técnicos com Regeneração	100	57,61	85,035	8,503				
	Sistemas Técnicos com Função Semear e Regeneração	71503	300,99	569,430	2,130				

Independent Samples Test									
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference
Tempo de Vida	Equal variances assumed	87,893	,000	-4,274	71601	,000	-243,384	56,944	-354,995 -131,774
	Equal variances not assumed			-27,764	111,806	,000	-243,384	8,766	-260,753 -226,015

Fonte: Elaborada pelo autor com o *software* SPSS 20.

Uma vez que média de longevidade com a função semear foi maior do que aquela encontrada nas organizações meramente exploradoras e esta diferença pôde ser considerada estatisticamente significativa, é possível rejeitar H_0 da hipótese 5 e afirmar que as organizações que trabalham em prol da estabilidade do meio em seu favor tendem a sobreviver por mais tempo do que aquelas que não o fazem, conforme propuseram Terra (2010) e Terra e Passador (2014).

Um aspecto qualitativo que merece destaque neste teste, foi que durante a execução do mesmo, os agentes não delimitavam áreas de plantio, tampouco o acesso de outros agentes àquelas áreas plantadas. A recuperação das áreas, em favor das organizações era feita de maneira ampla, dentro do alcance de cada uma, e a exploração das áreas era livre, independente de quem houvesse recuperado o

setor. Mesmo com esta perspectiva de uma recuperação de recursos com acesso coletivo, os resultados foram favoráveis às organizações, quando estas se dedicaram a reconfigurar o meio em seu favor. Outra observação importante foi que, assim como foi visto na investigação a respeito da hipótese 3, as organizações menores e as associações entre agentes e estruturas técnicas predominaram nas condições de limite de recursos, corroborando os resultados do teste da hipótese em questão.

A terceira hipótese deste grupo – Hipótese 6 – tratava da importância de reguladores centrais para longevidade dos sistemas socioeconômicos. Conforme visto em pormenores no capítulo 6.3.2, tal problemática foi tratada à luz de cinco testes *t* de Student, para comparar as médias de longevidade de sistemas controlados, com aquela encontrada na configuração adotada como controle para o experimento. Diferente dos testes anteriores, que vinham sendo realizados com a semente padrão do gerador de números aleatórios, neste procedimento, cada configuração foi simulada por cem vezes, sendo apenas a primeira com a semente padrão – 76913.

A primeira comparação realizada para validação dessa hipótese, se deu entre a configuração padrão e aquela com a função semear ativada, simulando um interventor central que obrigasse as organizações a regenerar o meio ambiente, quando os níveis de recursos estivessem abaixo de 10%. Os resultados desta comparação, feita por meio de um teste *t* de Student, podem ser vistos na tabela 4.

Tabela 4: Diferença entre o tempo de vida do sistema socioeconômico com a obrigatoriedade de regeneração do ambiente, em relação ao padrão.

Group Statistics					
Grupo		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Tempo de vida do Sistema	Sem controle de um agente central	100	868,8000	122,92134	12,29213
	Obrigatoriedade de regenerar o meio.	100	1829,6700	648,78823	64,87882

Independent Samples Test									
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower Upper
Tempo de vida do Sistema	Equal variances assumed	86,560	,000	-14,551	198	,000	-960,87000	66,03301	-1091,0882 -830,65175
	Equal variances not assumed			-14,551	106,098	,000	-960,87000	66,03301	-1091,7855 -829,95454

Fonte: Elaborada pelo autor com o *software* SPSS 20.

Nela, o teste de Levene indicou significância zero para uma aproximação de três casas decimais. Portanto, para um intervalo de confiança de 95%, foi possível rejeitar a hipótese de que as variâncias das amostras são homogêneas. Deste modo o nível de significância encontrado para o caso em questão, também foi zero, para uma aproximação de três casas decimais. Portanto, também para um intervalo de confiança de 95%, a hipótese nula de que as médias são iguais deve ser rejeitada, considerando-se a média de longevidade dos sistemas socioeconômicos dotados do interventor descrito, maior do que aquela encontrada no experimento de controle.

A segunda comparação se deu entre a configuração padrão e a mesma configuração, simulando um interventor central que restringisse a reprodução, sempre que o número de agentes no início do turno superasse 200. Os resultados desta comparação, feita por meio de um teste *t* de Student, podem ser vistos na tabela 5. Nesta tabela, o teste de Levene indicou significância zero para uma aproximação de três casas decimais. Portanto, para um intervalo de confiança de 95%, foi possível rejeitar a hipótese de que as variâncias das amostras são homogêneas. Nestas condições de cálculo, o nível de significância encontrado também foi zero, para uma aproximação de três casas decimais. Deste modo, também para um intervalo de confiança de 95%, a hipótese nula de que as médias são iguais deve ser rejeitada, considerando-se a média de longevidade dos sistemas sociais dotados de um limitador na possibilidade de reprodução, maior do que aquela encontrada no experimento de controle.

Tabela 5: Diferença entre o tempo de vida do sistema socioeconômico com limite populacional de 200 agentes, em relação ao padrão.

Group Statistics									
Grupo		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Tempo de vida do Sistema	Sem controle de um agente central	100	868,8000	122,92134	12,29213				
	Limite populacional em 200 agentes	100	1627,7000	1158,64446	115,86445				

Independent Samples Test									
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference
Tempo de vida do Sistema	Equal variances assumed	41,246	,000	-6,513	198	,000	-758,90000	116,51466	-988,66895 -529,13105
	Equal variances not assumed			-6,513	101,228	,000	-758,90000	116,51466	-990,02743 -527,77257

Fonte: Elaborada pelo autor com o *software* SPSS 20.

Esta configuração despertou interesse de aprofundamento por seu potencial de controlar a degradação do meio, com pouco ou nenhum comprometimento no bem estar dos indivíduos submetidos à intervenção do agente central. Tal comportamento já não pôde ser encontrado em outras configurações, como as que limitavam a exploração de recursos, pois estas possibilitavam explosões populacionais que posteriormente incorriam em decréscimo do bem estar e grande redução da população.

Com base nesta constatação, uma série de testes empíricos foram realizados de modo a tentar encontrar um número de agentes, a ser imposto por este tipo de controle, que levasse o sistema socioeconômico a apresentar indícios de perpetuidade. Ao variar o número de agentes de 5 em 5 para baixo, o resultado que pareceu mais adequado foi limitar a reprodução, quando o número fosse superior a 95 agentes.

Tabela 6: Diferença entre o tempo de vida do sistema socioeconômico com limite populacional de 95 agentes, em relação ao padrão.

Group Statistics				
Grupo	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Tempo de vida do Sistema				
Sem controle de um agente central	100	868,8000	122,92134	12,29213
Limite populacional em 95 agentes	100	5000,0000	,00000	,00000

Independent Samples Test									
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference
Tempo de vida do Sistema	Equal variances assumed	276,676	,000	-336,085	198	,000	-4131,2000	12,29213	Lower -4155,4403 Upper -4106,9597
	Equal variances not assumed			-336,085	99,000	,000	-4131,2000	12,29213	Lower -4155,5903 Upper -4106,8097

Fonte: Elaborada pelo autor com o *software* SPSS 20.

Os resultados da comparação das médias, feita por meio de um teste *t* de Student, entre este formato e o controle, podem ser vistos na tabela 6. Nesta tabela, o teste de Levene indicou significância zero para uma aproximação de três casas decimais. Portanto, para um intervalo de confiança de 95%, foi possível rejeitar a hipótese de que as variâncias das amostras são homogêneas. Nestas condições o nível de significância encontrado também foi zero, para uma aproximação de três casas decimais. Deste modo, também para um intervalo de confiança de 95%, a hipótese nula de que as médias são iguais deve ser rejeitada, considerando-se a média de longevidade dos sistemas sociais, dotados de um limitador na

possibilidade de reprodução calibrado para o limite de 95 agentes, maior do que aquela encontrada no experimento de controle.

Cabe ressaltar que o limite de 5000 turnos foi definido no método com base nas indicações de perpetuidade, portanto não é possível afirmar que a média de longevidade desta mostra é exatamente 5000 turnos. Entretanto, como esta já é significativamente maior do que a do controle, é possível concluir que sem a limitação de turnos também o seria.

A quarta comparação se deu entre a configuração de controle e uma, simulando um interventor central que restringisse a exploração, sempre que os números de um dado recurso ficassem abaixo de 25.000 unidades. Os resultados desta confrontação, feita por meio de um teste *t* de Student, podem ser vistos na tabela 7.

Tabela 7: Diferença entre o tempo de vida do sistema socioeconômico com um limite de exploração de recursos, em relação ao padrão.

Group Statistics									
Grupo		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Tempo de vida do Sistema	Sem controle de um agente central	100	868,8000	122,92134	12,29213				
	Limite de Exploração + 25000 unidades	100	3711,9000	692,70141	69,27014				

Independent Samples Test									
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference
Tempo de vida do Sistema	Equal variances assumed	134,321	,000	-40,412	198	,000	-2843,1000	70,35232	-2981,8360 -2704,3640
	Equal variances not assumed			-40,412	105,229	,000	-2843,1000	70,35232	-2982,5921 -2703,6079

Fonte: Elaborada pelo autor com o *software* SPSS 20.

Nela, o teste de Levene indicou significância zero para uma aproximação de três casas decimais. Portanto, para um intervalo de confiança de 95%, foi possível rejeitar a hipótese de que as variâncias das amostras são homogêneas. Nestas condições de cálculo o nível de significância encontrado também foi zero, para uma aproximação de três casas decimais. Deste modo, também para um intervalo de confiança de 95%, a hipótese nula de que as médias são iguais deve ser rejeitada, considerando-se a média de longevidade dos sistemas sociais dotados de um limitador na possibilidade de exploração, maior do que aquela encontrada no experimento de controle.

A última comparação entre as médias de longevidade se deu entre a configuração de controle e uma configuração simulando um interventor central que limitava a reprodução, sempre que identificasse que a população havia ultrapassado os 200 agentes, e obrigava as organizações a regenerar o meio ambiente, quando os níveis de recursos estivessem abaixo de 10%. Esta se deu visando aliar as abordagens que mostraram ter os melhores resultados para os agentes e as organizações, tomadas individualmente.

A tabela 8 mostra os resultados desta comparação. Nela, o teste de Levene indicou significância zero para uma aproximação de três casas decimais. Portanto, para um intervalo de confiança de 95%, foi possível rejeitar a hipótese de que as variâncias das amostras são homogêneas. Nestas condições de cálculo, o nível de significância encontrado também foi zero, para uma aproximação de três casas decimais. Deste modo, também para um intervalo de confiança de 95%, a hipótese nula de que as médias são iguais deve ser rejeitada, considerando-se a média de longevidade dos sistemas socioeconômicos dotados do interventor descrito, maior do que aquela encontrada no experimento de controle.

Tabela 8: Diferença entre o tempo de vida do sistema socioeconômico com limite populacional de 200 agentes e obrigatoriedade de regeneração do ambiente, em relação ao padrão.

Group Statistics					
Grupo		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Tempo de vida do Sistema	Sem controle de um agente central	100	868,8000	122,92134	12,29213
	Limite populacional em 200 agentes e obrigatoriedade de regenerar o ambiente	100	5000,0000	,00000	,00000

Independent Samples Test									
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower Upper
Tempo de vida do Sistema	Equal variances assumed	276,676	,000	-336,085	198	,000	-4131,2000	12,29213	-4155,4403 -4106,9597
	Equal variances not assumed			-336,085	99,000	,000	-4131,2000	12,29213	-4155,5903 -4106,8097

Fonte: Elaborada pelo autor com o *software* SPSS 20.

Como pôde ser verificado ao longo desta análise, os cinco modelos de intervenção com impacto sobre a taxa de degeneração e regeneração do ambiente, se mostraram capazes de ampliar a longevidade do sistema socioeconômico, em alguns casos até mesmo com indícios de perpetuidade, como nos casos três e cinco. Deste modo, é possível rejeitar H_0 para a hipótese 6 deste trabalho e

considerar que os agentes reguladores centrais podem sim contribuir para ampliar a longevidade dos sistemas socioeconômicos.

A última hipótese testada neste grupo e também para este esforço de pesquisa, foi a 7. Esta propunha que o balanço entre a capacidade de regeneração do ecossistema e o consumo de recursos é importante para garantir a longevidade dos sistemas socioeconômicos. Para responder a este questionamento foi preciso delimitar os consumidores de recursos e o ambiente a ser regenerado. No caso desta simulação, os consumidores finais de recursos eram os agentes, enquanto os objetos, cuja regeneração era necessária, tratavam-se das plantas e grãos.

Deste modo, uma retomada dos resultados obtidos para validação da hipótese 6, em especial os contidos nas tabelas 5, 6, e 8 se constituem em um bom ponto de partida para a análise. Na tabela 5, é apresentada logo em seu início a média de turnos – 1.627,7 – que um sistema, cuja reprodução é impedida quando o número de agentes ultrapassa 200 indivíduos, consegue sobreviver antes de entrar em colapso. Conforme visto anteriormente, a diferença desta média para a média do experimento de controle – 868,8 – é estatisticamente significativa, o que consiste em um forte indício que a limitação no potencial de consumo de recursos, favorece a longevidade do sistema socioeconômico.

Gráfico 22: Evolução dos recursos com limite à reprodução a partir de 200 agentes.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em uma simulação rodada com a semente padrão para o gerador de números aleatórios - 76913.

Gráfico 23: Evolução dos recursos com limite à reprodução a partir de 95 agentes.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em uma simulação rodada com a semente padrão para o gerador de números aleatórios - 76913.

Os resultados apresentados na tabela 6 reforçam esta percepção, já que são fruto de experimentos empíricos, realizados com o objetivo de calibrar o consumo de recursos, para obter maior longevidade dos sistemas sociotécnicos. A configuração proposta, com limitação à reprodução para populações acima de 95 agentes, reduziu significativamente o consumo de recursos e levou o sistema sociotécnico a uma maior longevidade. Enquanto a primeira condição promoveu um decréscimo gradual

na quantidade disponível de grãos, até que o grão 1 fosse extinto – ver gráfico 22 –, a segunda condição permitiu que os grãos se espalhassem pelo terreno e se estabilizassem após cerca de 3.500 turnos – ver gráfico 23.

As médias de longevidade destas duas condições testadas, também apresentaram diferença estatisticamente significativa para um intervalo de confiança de 95%, conforme pode ser visto na tabela 9. Nela, o teste de Levene indicou significância zero para uma aproximação de três casas decimais. Portanto, para um intervalo de confiança de 95%, foi possível rejeitar a hipótese de que as variâncias das amostras são homogêneas, o que permite, no teste *t* de Student, rejeitar a hipótese nula de que as médias da longevidade das duas alternativas são iguais, em favor da amostra tomada com a reprodução limitada acima de 95 agentes.

Novamente, não é possível dimensionar a grandeza exata desta diferença entre as médias, pela restrição do número de turnos, limitados a 5.000. Entretanto, fica evidente por estes resultados, que intervenções que se dão no âmbito da contenção do consumo de recursos, afetam significativamente a longevidade dos sistemas socioeconômicos.

Tabela 9: Diferença entre o tempo de vida do sistema socioeconômico com limite populacional de 200 agentes, em relação ao modelo com limite populacional de 95 agentes.

Group Statistics				
Grupo		N	Mean	Std. Deviation
Tempo de vida do Sistema	Limite populacional em 200 agentes	100	1627,7000	1158,64446
	Limite populacional em 95 agentes	100	5000,0000	,00000

Independent Samples Test									
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference
Tempo de vida do Sistema	Equal variances assumed	57,394	,000	-29,106	198	,000	-3372,3000	115,86445	-3600,7867 -3143,8133
	Equal variances not assumed			-29,106	99,000	,000	-3372,3000	115,86445	-3602,2002 -3142,3998

Fonte: Elaborada pelo autor com o *software* SPSS 20.

Neste ponto, cabe ressaltar que testes realizados com os dados obtidos nos modelos que restringiam a exploração, quando a quantidade de recursos caía abaixo de 25.000 unidades no cenário, também tiveram relativo sucesso ao garantir a maior longevidade para os sistemas socioeconômicos, por meio da garantia de tempo para a regeneração natural dos recursos – ver tabela 7. Entretanto, estes permitiam explosões populacionais, que disparavam as limitações na exploração. Apesar de o

experimento não ter sido originalmente desenhado para mensurar isto, foi possível perceber em uma avaliação qualitativa que este comportamento, provocava uma ampla mortalidade e uma queda expressiva na média de utilidade dos agentes.

Por outro lado, os resultados da tabela 4 também permitem verificar se as intervenções relativas à regeneração dos recursos, com a inclusão da função que obrigava as organizações a regenerarem o terreno, também trariam vantagem para os sistemas socioeconômicos, principalmente se associadas às limitações no consumo de recursos, como o limite na reprodução imposto aos agentes. Os resultados da tabela 8 evidenciam este benefício em relação ao modelo de controle, enquanto a tabela 10 permite visualizar a vantagem desta abordagem híbrida sobre a longevidade dos sistemas socioeconômico, inclusive sobre as perspectivas meramente baseadas na restrição ao consumo de recursos.

Tabela 10: Diferença entre o tempo de vida do sistema socioeconômico com limite populacional de 200 agentes e obrigatoriedade de regeneração do ambiente, em relação aos modelos dotados apenas da primeira restrição.

Group Statistics					
Grupo		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Tempo de vida do Sistema	Limite populacional em 200 agentes	100	1627,7000	1158,64446	115,86445
	Limite populacional em 200 agentes e obrigatoriedade de regenerar o ambiente	100	5000,0000	,00000	,00000

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Tempo de vida do Sistema	Equal variances assumed	57,394	,000	-29,106	198	,000	-3372,3000	115,86445	-3600,7867	-3143,8133
	Equal variances not assumed			-29,106	99,000	,000	-3372,3000	115,86445	-3602,2002	-3142,3998

Fonte: Elaborada pelo autor com o *software* SPSS 20.

Nesta tabela, as diferenças entre as médias de longevidade de sistemas dotados apenas de uma restrição à reprodução, para cenários acima de 200 agentes, e aqueles dotados também de um sistema de regeneração, por meio da função semear, mostraram diferença estatisticamente significativa, para um intervalo de confiança de 95%. Nela, o teste de Levene indicou significância zero para uma aproximação de três casas decimais. Portanto, para um intervalo de confiança de 95%, foi possível rejeitar a hipótese de que as variâncias das amostras são homogêneas, o que permite, no teste *t* de Student, rejeitar a hipótese nula de que as médias da longevidade das duas alternativas são iguais, em favor da amostra

tomada com a reprodução limitada e o sistema de regeneração por meio da função semear.

Tal resultado se mostra importante, pois permite verificar que mesmo em um ambiente com consumo de recursos relativamente controlado, intervenções proativas no âmbito da regeneração do ambiente são vantajosas para o sistema socioeconômico como um todo. Quando associadas às restrições de consumo, estas também se mostraram capazes de garantir uma melhora visível nos níveis de satisfação dos agentes, em relação ao modelo de controle, conforme pode ser visto em uma comparação entre os gráficos 24 e 26 – atentar para a diferença de escalas no eixo Y.

Gráfico 24: Evolução da utilidade no modelo de controle.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em uma simulação rodada com a semente padrão para o gerador de números aleatórios - 76913.

Gráfico 25: Evolução da utilidade com limite à reprodução a partir de 95 agentes.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em uma simulação rodada com a semente padrão para o gerador de números aleatórios - 76913.

Gráfico 26: Evolução da utilidade com limite à reprodução a partir de 200 agentes e função semear.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em uma simulação rodada com a semente padrão para o gerador de números aleatórios - 76913.

Esta combinação também se mostrou capaz de possibilitar uma longevidade e um nível de utilidade média dos agentes – ver gráfico 25 –, equiparável àqueles encontrados no modelo com restrição da reprodução, para cenários com mais de 95 agentes. Tal resultado é expressivo, visto que esta intervenção equilibrada entre regeneração proativa e controle nos agentes consumidores, manteve mais do que o

dobro dos agentes daquela – 200 agentes – ao mesmo tempo em que garantia tais similaridades em termos de bem estar e longevidade dos sistemas.

Fica evidente diante do quadro apresentado que um balanço adequado entre consumo e regeneração de recursos do ecossistema – tanto proativa como natural – se mostra significativamente capaz de garantir maior longevidade do sistema socioeconômico, o que leva a rejeição de H_0 para a hipótese 7. Além disso, os resultados apresentados na avaliação desta hipótese também dão indícios de que tais tipos de configuração são capazes de garantir maior qualidade de vida às populações que habitam o ecossistema, o que abre a possibilidade de novas frentes de estudo sobre o tema.

7.3 OUTROS ACHADOS

Em um experimento virtual com a magnitude do realizado, podem emergir questões e resultados fora do escopo inicial planejado. Algumas destas questões podem suscitar questões importantes sobre as dinâmicas estudadas e abrir novos campos de estudo. Neste experimento não foi diferente. Três questões chamaram a atenção por ajudarem a explicar fenômenos socioeconômicos complexos e indicar possíveis áreas de estudo com boas possibilidades, diante da metodologia empregada neste estudo. A primeira foi denominada neste trabalho de “falácia da igualdade”, a segunda de “caso Japão” e a terceira de “colapso pelo esgotamento local”.

A “falácia da igualdade” recebeu este nome, pois foi um achado que vai de encontro com a ideia de que condições iniciais iguais levam à igualdade e à melhoria do bem estar geral. Conforme descrito ao longo da seção 6, todos os agentes presentes nesta simulação tinham condições de partida em seus inventários e

montante de dinheiro, exatamente iguais. Entretanto, o que se observava logo na sequência da inserção dos agentes é que rapidamente se estabeleciam relações de desigualdade, em termos de inventário e disponibilidade de recursos financeiros e estas se ampliavam, mesmo em um contexto de redistribuição igualitária dos recursos dos agentes sem herdeiros – ver gráfico 27.

Gráfico 27: Evolução da média de reserva de dinheiro dos agentes e seu desvio padrão no modelo de controle.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em uma simulação rodada com a semente padrão para o gerador de números aleatórios - 76913.

Gráfico 28: Evolução da utilidade percebida pelos agentes no modelo de controle.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em uma simulação rodada com a semente padrão para o gerador de números aleatórios - 76913.

Cabe ressaltar que, diferente do que é usualmente pregado pelos defensores das ideias que buscam a igualdade na distribuição renda, esta desigualdade não parecia comprometer o nível de utilidade dos agentes. Pelo contrário, em alguns casos esta última podia aumentar, mesmo em casos onde a distribuição de renda era desigual, principalmente quando se encontrava associada a um aumento da oferta de recursos. O gráfico 28 ilustra este aumento, que em última instância significa aumento no nível de “satisfação”, no contexto de desigualdade ilustrado no gráfico 27.

Conforme lembram Araújo (2012), Varian (1999) e Samuelson e Nordhaus (1993), os marginalistas da economia neoclássica já haviam deduzido que o sistema de trocas, em um contexto onde os valores são percebidos de maneira heterogênea, levaria a uma composição desigual das cestas de consumo que quando otimizadas, conduziriam a um aumento da utilidade média do sistema, tornando o jogo econômico um jogo de soma diferente de zero. Diante desta concepção, as expansões da produtividade assumiriam um papel fundamental na melhora da qualidade de vida da população, já que estas poderiam ampliar suas cestas de consumo em um novo contexto de equilíbrio, conforme propusera Marshall (2009).

Este controverso fenômeno, pôde ser notado em um contexto pragmático nestes experimentos, onde a desigualdade de renda foi uma consequência inerente da heterogeneidade dos agentes que não implicou, necessariamente, em redução do bem estar médio da população. Entretanto, é importante ressaltar que este ensaio não foi desenhado para mensurar e validar tal hipótese, e este pode ter sido influenciado pelo *design* do sistema decisório dos agentes, tornando esta proposição, carente de aprofundamento.

O “caso Japão” se refere a uma particularidade encontrada nos modelos que operaram com a função semear ativada. Estes vivenciavam ciclos de grandes explosões populacionais que atingiam picos visivelmente superiores àqueles vistos nos demais cenários simulados, causando um ambiente de elevada densidade demográfica ao mesmo tempo em que mantinham níveis de satisfação tão bons quanto os encontrados na situação controle.

Figura 35: “Caso Japão” – turno 1600.

Fonte: Simulação configurada para confirmação da hipótese 5, com semente do gerador de números aleatórios igual a 76913.

Figura 36: Pico populacional do experimento de controle – turno 420.

Fonte: Simulação configurada para o experimento de controle, com semente do gerador de números aleatórios igual a 76913.

As figuras 35 e 36 permitem comparar a elevada densidade populacional atingida por um caso como este, com o pico populacional dado pelo experimento de controle. Aparentemente, os cenários onde as organizações atuavam de maneira proativa na regeneração dos recursos utilizados, favoreciam a capacidade de disponibilizar recursos, para suprir amplas populações, mesmo depois de um

período significativamente maior de exploração. Entretanto, o modelo não se encontrava configurado para explicar exatamente o processo que possibilitava a emergência destes grandes saltos populacionais, o que inviabilizou o detalhamento do mesmo.

O “colapso pelo esgotamento local” foi um achado referente à extinção de uma série de sistemas socioeconômicos, observados ao longo dos ensaios, que perdiam a capacidade de suprir suas populações, mesmo quando ainda havia recursos disponíveis no ambiente. Este fenômeno foi especialmente visível em casos onde as populações se aglomeravam em uma parte do cenário e, pela limitação do alcance na obtenção de informações sobre os campos de recursos, acabavam não conseguindo visualizar a disponibilidade dos mesmos em outras áreas.

Em condições onde havia uma dispersão maior das populações, associada às atividades de comércio, as populações tendiam a perdurar, mesmo com elevada escassez de recursos essenciais à sua sobrevivência. Isto porque, o mecanismo centralizado de trocas permitia o trânsito de recursos processados entre os agentes que viviam em áreas onde determinados recursos já haviam se esgotado e aqueles que se encontravam em áreas ainda dotadas dos mesmos. Portanto, os casos onde houveram colapsos pelo esgotamento local dão indícios de que tanto o comércio como a dispersão populacional ao longo dos terrenos, podem ser benéficas para evitar os problemas como os descritos.

Por fim, é importante lembrar que os três achados listados neste capítulo, não foram originalmente previstos no *design* do modelo experimental deste estudo. Deste modo, as considerações apresentadas não devem ser tomadas como conclusivas, mas sim como indicativos de comportamentos emergentes, a serem estudados em ocasiões futuras.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo procurou verificar a validade de sete premissas e consequências propostas pela perspectiva da Dinâmica Simbiótica de Terra (2010) e Terra e Passador (2014). Por meio de uma série de experimentos de etologia sintética, foi possível constatar a validade de tais premissas, cujos resultados que se encontram sintetizados no quadro 21.

Quadro 21: Síntese dos resultados

Síntese dos Resultados		
#	Hipótese Testada	Resultado
1	A dinâmica dos sistemas sociotécnicos descritos pela dinâmica simbiótica é autopoietica.	VÁLIDA
2	Incorporações de novos agentes e subsistemas consistem em um risco para as organizações.	VÁLIDA
3	Organizações com estruturas menores possuem maior capacidade de sobrevivência do que as organizações de maior porte, em caso de crise de recursos.	VÁLIDA
4	A dinâmica dos sistemas sociais implica no surgimento de rupturas sucessivas que geram novas configurações estáveis.	VÁLIDA
5	As organizações que trabalham em prol da estabilidade do meio em seu favor tendem a sobreviver por mais tempo do que aquelas que não o fazem.	VÁLIDA
6	Os agentes reguladores centrais contribuem para ampliar a longevidade dos sistemas socioeconômicos.	VÁLIDA
7	O balanço entre capacidade de regeneração do ecossistema e o consumo de recursos é importante para longevidade dos sistemas socioeconômicos.	VÁLIDA

Fonte: Elaborado pelo autor.

O primeiro aspecto relevante deste esforço de pesquisa diz respeito ao próprio método de pesquisa, baseado em um modelo de simulação computacional multiagentes. Ficou evidente pelo que foi apresentado que os estudos de questões como estas, antes limitados por restrições metodológicas, agora apresentam chances reais de serem compreendidos por meio de métodos computacionais cada vez mais sofisticados. Isto se confirmou no decorrer deste estudo, onde as simulações usadas se mostraram ferramentas bastante úteis para visualizar a

emergência de certas dinâmicas complexas, a partir de regras simples, impostas aos agentes individuais.

A possibilidade de comparar situações que não seriam possíveis em um contexto real, como limitar o crescimento de uma população ou a exploração de recursos de um dado conjunto de agentes, se mostrou bastante pertinente nas análises das questões complexas, como as apresentadas no decorrer deste trabalho. Todavia, é preciso lembrar que este tipo de abordagem ainda guarda certas restrições. A principal delas se refere ao elevado poder computacional necessário para simular certos tipos de comportamento.

Em um contexto de limites de recursos computacionais, o método ainda pode se tornar proibitivo para certos experimentos, se não inviável. Este foi o caso do primeiro modelo de simulação concebido para este experimento, que baseava-se em um sistema de inteligência, aprendizado e tomada de decisão, por meio de redes neurais hierárquicas. Quando esta solução veio a ser implementada, deu indícios de que seria possível explorar aspectos novos acerca do impacto do aprendizado dos agentes nas organizações. Mas, ao mesmo tempo, demandou uma quantidade de recursos computacionais muito acima daquela disponível para desenvolvimento deste trabalho. A maioria das tentativas de executar esta implementação, exigiram mais de quarenta e oito horas, para executar experimentos simples de menos de cem turnos, o que tornou inviável até mesmo a calibragem da mesma.

Entretanto, com a ampliação da capacidade de processamento, estas barreiras devem ser gradualmente vencidas. Novas possibilidade de testes, com diferentes tipos de intervenções complexas, poderão ser executadas de forma cada vez mais rápida, possibilitando o reconhecimento dos benefícios trazidos por cada tipo de intervenção, com uma precisão nunca antes vista nas ciências sociais. Deste modo, espera-se que com o desenvolvimento de novas tecnologias computacionais seja possível desenvolver simulações cada vez mais sofisticadas, potencializando o uso desta poderosa ferramenta em áreas como administração, economia e sociologia.

Quanto aos resultados encontrados no decorrer dos experimentos apresentados, o principal destaque diz respeito validação da premissa de que as organizações são um tipo particular de estrutura autopoietica – hipótese 1 –. Isto

porque, esta constatação apresenta importantes implicações sobre as discussões a respeito das fronteiras das organizações, da sua importância social e da dinâmica de seus processos internos.

No contexto em pauta, as organizações, vistas como sistemas sociotécnicos, podem ser vistas como entidades dotadas de uma dinâmica autopoietica, onde a incorporação de novos componentes e o porte, são fatores com grande influência em sua sobrevivência. Quando interconectadas com outros agentes, inclusive de mesmo tipo, estas compõem um ambiente socioeconômico sujeito a rupturas que o levam a diferentes patamares qualitativos. No cenário delineado, o trabalho destas estruturas em prol da estabilidade do ambiente, buscando estabelecer um equilíbrio adequado entre consumo e regeneração de recursos, se mostrou promissor para aumentar as chances, tanto individuais, como do próprio sistema socioeconômico, de perdurarem por um maior período de tempo.

A premissa de que as organizações, como sistemas sociotécnicos, atuam como uma entidade autopoietica é, junto com a ideia de que o ambiente e a sociedade também são dotados de tal dinâmica, o sustentáculo de toda a teoria da Dinâmica Simbiótica. A partir destas três proposições, seus autores desenvolveram todo o processamento lógico de base fenomenológica e analógica que lhes permitiu explicar os princípios que regem o comportamento organizacional e dos sistemas socioeconômicos.

A segunda destas premissas, já havia sido validada por Watson e Lovelock (1983) e Lenton e Lovelock (2001) em seus experimentos do “mundo das margaridas”, que foram usados como referências para o *design* do ambiente neste ensaio. A terceira, foi defendida por Luhmann (1995) com maestria em sua obra e indícios de sua validade também puderam ser observados durante a execução dos experimentos realizados, onde a relação social dos agentes configurou estruturas sociais com topografias distintas. Dentre as proposições dos autores, apenas a primeira havia sido defendida a partir de um procedimento fenomenológico que permanecia do campo das possibilidades puras e ainda era carente de validação do tipo empírica.

A validação da mesma, se deu por meio do primeiro experimento cujos resultados foram apresentados no capítulo 7.1. Ele identificou que estruturas

sociotécnicas dotadas de mecanismos capazes de realizar incorporação de pessoal em suas redes formais de relações – requisito para que seu sistema social se forme e se diferencie – e que permitem que seus sistemas técnicos sejam transformados, corrigidos e ajustados por seus sistemas sociais, de acordo com o proposto por Mintzberg et al. (1998); Mintzberg e Lampel (1999), atendem aos requisitos para serem consideradas estruturas autopoiética, conforme defendido por Terra (2010) e Terra e Passador (2014).

Entretanto, experimento também evidenciou uma particularidade qualitativa importante em relação àquela mostrada nos experimentos de Varela et al. (1974) e Maturana e Varela (1997), a respeito da vida. No que tange às suas bacias de atração, o que emergiu foi uma dinâmica autorreferente, onde um atrator muito poderoso, representado pelos sistemas técnicos da organização, se constituiu no elemento central da dinâmica organizacional, em torno do qual orbitavam atratores sociais – que segundo Goulielmos (2005) podem ser vistos como líderes. Estes, por sua vez, encontravam-se cercados de seus próprios “satélites” sociais e assim sucessivamente.

Em suma, o que se configurou foi uma estrutura análoga àquela encontrada em um sistema estelar, onde a estrela é o sistema técnico, os planetas são os líderes e os demais agentes são corpos celestes, como satélites ou mesmo corpos livres que não estão presos a uma única bacia de atração social, mas o estão em relação ao sistema técnico, assim como todos os demais. Esta forte capacidade de cooptação dos sistemas técnicos pôde ser explicada, em grande parte, pelo fato de que a incorporação de pessoal da rede formal de relações da organização, estava sujeita à alavancagem produtiva, possibilitada por sua estrutura técnica. Esta alavancagem foi o fator primordial que levou os agentes a optar pela associação, em detrimento de uma vida solo, conforma previsto originalmente por Barnard (1938).

Entretanto, percebeu-se que outro fator também contribuía para facilitar esta associação: a vulnerabilidade econômica dos agentes incorporados. Quando vulneráveis economicamente, a necessidade pujante de satisfação de necessidades em privação, levou os agentes a serem facilmente abarcados pelas organizações, mesmo quando esta era pouco eficiente e possuía poucos recursos. Isto porque, mesmo com ofertas muito reduzidas de remuneração, o agente ainda via benefício

na associação. Entretanto, em contextos dotados de agentes menos vulneráveis, o potencial de alavancagem produtiva é o que permitia às organizações atrair agentes, ao mesmo tempo que produzia os excedentes necessários para sua própria manutenção.

Além de profundo impacto no entendimento das relações de trabalho e da exploração da mão de obra, esta constatação possui grande potencial para o desenvolvimento de políticas públicas. Por meio dela, é possível extrapolar que toda e qualquer redução da vulnerabilidade econômica dos agentes, deve vir acompanhada de um profundo aumento da produtividade das organizações. Isto porque, ao mesmo tempo que o mero aumento da produtividade, em um contexto de vulnerabilidade econômica dos agentes, traz benefício unilateral para as organizações e a degradação da qualidade de vida potencial dos agentes, a redução da vulnerabilidade, sem aumento da produtividade, pode inviabilizar as organizações no longo prazo, levando ao colapso do próprio sistema socioeconômico.

Por si só, esta validação da hipótese de que as organizações, enquanto sistemas sociotécnicos, consistem em unidades autopoieticas, seria suficiente para garantir a validade dos conceitos propostos pela Dinâmica Simbiótica. Isto porque, as três premissas fundamentais que sustentam seu processamento analógico, poderiam ser consideradas válidas. Entretanto, este esforço de pesquisa também buscou verificar se as principais consequências das interações estruturais, descritas pelos autores desta ideia, emergiam quando os sistemas de interações propostas fosse simulado, assim como fizeram Watson e Lovelock (1983) e Lenton e Lovelock (2001), para validação da teoria de Gaia. Esta abordagem visou fortalecer as conclusões acerca da validade de teoria da Dinâmica Simbiótica, já que estas teriam amparo lógico tanto dedutivo, como indutivo.

Conforme pôde ser visto ao longo dos capítulos 7.1 e 7.2, todos os testes, visando corroborar comportamentos previstos pela Dinâmica Simbiótica, foram capazes de validar tais proposições. O primeiro destes testes, verificou que a substituição de um agente seria capaz de ameaçar a integridade dinâmica da organização. Isto era esperado diante da perspectiva da Dinâmica Simbiótica, já que esta abordagem previa que isto alteraria a estrutura das bacias de atração da mesma, podendo leva-la a um novo patamar qualitativo, conforme descrito em

termos de princípio por Prigogine (1996, 2002), em sua teoria dos sistemas dissipativos, e posteriormente extrapolado por Margulis (1998) para os sistemas vivos.

Neste sentido, os resultados encontrados no teste da primeira hipótese, apontaram que neste tipo de sistema, a inclusão de mecanismos especializados na recomposição da topologia da rede formal de relações da organização, se mostrou um componente útil para garantir a longevidade deste tipo de estrutura. Para que a estrutura não esteja sujeita a saltos qualitativos indesejados, o experimento mostrou que a substituição ou recomposição de qualquer agente, precisa garantir que o novo componente incorporado na estrutura tenha, no mínimo, a capacidade de reestabelecer as relações e a dinâmica existentes até então.

Em uma analogia com os sistemas químicos descritos por Varela et al. (1974), seria o equivalente a circundar o organismo virtual dos autores, com uma série de componentes distintos, alguns capazes de reestabelecer suas conexões e outros não. Dentre estes componentes, o organismo se veria obrigado a escolher aqueles que se adequam para sustentar o funcionamento de sua estrutura, dentro de um patamar qualitativo capaz de garantir sua sobrevivência. Uma escolha errada, forçando um componente inadequado a uma posição à qual este não é capaz de ocupar sem promover disfunções, poderia desencadear a ruptura de sua dinâmica e o colapso do sistema como um todo.

A compreensão deste fator relativo à dinâmica das bacias de atração é de suma importância para a área de gestão, por permitir entender como as relações e a influência dos agentes podem impactar da dinâmica organizacional e, por consequência, na sobrevivência destas estruturas. Diante de tais constatações, fica evidente que a substituição, a realocação ou a inclusão de um agente ou subsistema em uma organização, pode modificar significativamente a dinâmica da mesma, promovendo saltos qualitativos indesejados e até mesmo a ruptura de sua rede autopoietica. Ao mesmo tempo, tais reestruturações nas relações e nas bacias de atração social, também podem assumir o papel de promotoras da inovação, ao passo que, assim como as mutações no DNA, criam novas dinâmicas e modificam a variedade e a redundância das organizações, conforme proposto por Terra (2010) e Terra e Passador (2014).

Além desta importante constatação acerca das bacias de atração, o presente estudo ainda foi capaz de validar a proposição de que organizações de menor porte são mais resistentes às crises de recursos. Conforme lembram Terra e Passador (2014), este fenômeno traz importantes implicações para o estudo da relação entre porte e aquisição de variedade. Além de reforçar a ideia de que as organizações possuem um tamanho ótimo, dado pela estrutura de seu ambiente externo, ele também destaca a autonomia e a articulação entre entidades com identidades distintas, como fator preponderante para a longevidade e o desempenho das organizações, abrindo espaço para uma série de estudos sobre a formação de redes entre organizações.

Devido à grande relevância que a compreensão de tal dinâmica tem no contexto da tomada de decisão, este princípio, por si só, já seria um bom ponto de partida para desenvolvimento de ferramentas e estratégias voltadas ao gerenciamento da dinâmica organizacional. Entretanto tal constatação, aliada à melhor compreensão das estruturas das bacias de atração de uma organização, vai além e abre um novo leque para estudos sobre gestão de pessoas, desenvolvimento organizacional, fusões, incorporações, alianças e dimensionamento da escala, integrando em uma única estrutura conceitual explicativa, achados antes isolados em especificidades de áreas como microeconomia, estratégia e gestão de pessoas.

A unificação teórica da estrutura de relações internas e externas da organização, em uma única dinâmica socioeconômica, também se mostrou promissora ao longo deste esforço de pesquisa, já que foi possível confirmar que os saltos qualitativos, vistos nos ecossistemas por Watson e Lovelock (1983) e Lenton e Lovelock (2001), também estão presentes nos sistemas socioeconômicos. Terra (2010) e Terra e Passador (2014) se valem desta premissa, para propor que as organizações, como sistemas autopoiéticos, tenderiam a ter maior longevidade em um sistema deste tipo, se agissem de forma proativa, na tentativa de regenerar as condições ideais para sua sobrevivência. Argumentação que foi validada no decorrer dos experimentos realizados neste ensaio – ver capítulo 7.2.

O mesmo tipo de proposta foi feita por Watson e Lovelock (1983) e Margulis (1998), para problema similar nos sistemas ecológicos e biológicos e, por analogia, parece corroborar os resultados desta pesquisa. Esta concepção tem profundo

impacto na área de gestão. Conforme lembram Terra e Passador (2014), isto sugere que as organizações, cujo objetivo é manter uma relação harmônica com o meio, para garantir um nível estabilidade que lhes gerem benefícios, não só possuem maior chance de sobreviver, como também ajudam a aumentar a longevidade de seus suprassistemas.

Ao aliar tal constatação com aquela relativa às vantagens obtidas pela associação entre entidades com identidades distintas, estas descobertas exigem uma mudança do foco da estratégia da competição, para um balanço equilibrado entre competição e cooperação, inclusive com os suprassistemas dos quais as organizações fazem parte – como sistemas socioeconômicos e ecossistemas. Neste contexto, o balanço entre consumo de recursos e regeneração dos suprassistemas também precisaria ser incluído como parte de todo o arcabouço teórico de gestão, assim como o estudo da variedade e das vantagens das associações temporárias e/ou definitivas.

Além da unificação conceitual e dos subsídios que fornece para a construção de toda uma nova estrutura teórica de gestão, por ser uma teoria explicativa, baseada em princípios, a Dinâmica Simbiótica consiste, por si só, em uma poderosa ferramenta para diagnóstico organizacional e socioeconômico. Isto porque, a aplicação das abordagens propostas, associadas ao arcabouço teórico das ciências biológicas, permite explicar e detectar praticamente qualquer tipo de “doença” sistêmica vivenciada por estas estruturas, desde que as informações necessárias estejam disponíveis.

Evidentemente que isto não implica na possibilidade de solução de todos os problemas organizacionais, até porque a própria teoria da Dinâmica Simbiótica prediz a finitude da organização em um dado momento. Todavia, os resultados apresentados até então, mostram que decisões baseadas nestas particularidades, podem ampliar significativamente a longevidade das organizações e do sistema socioeconômico, além de orientar a inovação e ajudar a garantir certa estabilidade em sua dinâmica interna. Neste contexto, novos ferramentais para tomada de decisão precisariam ser desenvolvidos, levando em consideração as variáveis e princípios dinâmicos propostos ao longo do desenvolvimento desta teoria.

No âmbito da avaliação das proposições acerca do ambiente externo, tanto a hipótese relativa à importância de um agente regulador do sistema socioeconômico, como aquela relativa à necessidade de um balanço harmonioso entre consumo e regeneração de recursos, para maximizar a longevidade dos sistemas socioeconômicos, foram confirmadas. Ambas se mostraram promissoras, também, para auxiliar na longevidade das próprias organizações, já que estas se mostravam diretamente ligadas à hipótese sobre os benefícios da atuação da organização em prol da estabilidade do ambiente, em situações que as favorecessem.

Deste modo, pode-se concluir que as principais contribuições da Dinâmica Simbiótica, que concernem ao problema da sustentabilidade dos sistemas sociotécnicos das organizações e de seus suprassistemas, são todas válidas, mesmo quando as descrições do comportamento individual dos agentes – elemento não descrito por esta teoria – se dão por meio de regras vindas da teoria econômica neoclássica e da psicologia cognitiva. Isto reforça a ideia de que a Dinâmica Simbiótica pode ser vista como uma teoria robusta para explicar como se dão os complexos fenômenos de interação nas dinâmicas organizacionais e socioeconômicas.

Tal constatação é relevante, porque as explicações propostas por esta perspectiva têm orientação para a construção de sistemas sociotécnicos e socioeconômicos sustentáveis ao longo do tempo. Ela descreve aspectos dinâmicos que permitem o diagnóstico organizacional e a proposição de instrumentos sofisticados de gestão que permitem uma ampla compreensão de como as relações recursivas entre os agentes impactam nas estruturas das organizações e de seus suprassistemas. Concepções que colocam os agentes reguladores centrais – como os governos – e, principalmente, as organizações como os atores centrais deste processo.

Por fim, além das questões ligadas diretamente ao problema em estudo, questões como a “falácia da igualdade”, o “caso Japão” e o “colapso pelo esgotamento local” – ver capítulo 7.3 –, se destacaram ao longo dos experimentos realizados e merecem atenção por se mostrarem potenciais campos de estudo, propensos a grande impacto social. A validação da ideia de que a igualdade, no âmbito da renda, pode ser impossível e até indesejável, se mostra um formidável

campo para trabalhos futuros pois poderia exigir a revisão de uma série de políticas públicas e de bem estar social. A grande expansão populacional, vista no “caso Japão”, e o problema do “colapso pelo esgotamento local”, também se mostram promissores para explicar como as dinâmicas sociais precisam se configurar para sustentar grandes populações e como o comércio internacional pode colaborar para a longevidade e bem estar das sociedades, como um todo.

Fica claro pelo que foi explanado até então, que a validação desta hipótese traz inúmeras contribuições para compreensão do cenário organizacional e socioeconômico. Tais resultados trazem luz a importantes princípios, capazes de explicar um grande número de fenômenos ligados às interações em sistemas socioeconômicos e organizacionais que, conforme lembram Bertero, Caldas e Wood Jr. (1999), ainda encontravam-se limitados pela mera compreensão da descrição de casos isolados. Suas constatações abrem espaço para uma série de novas frentes de pesquisa que vão desde o aprofundamento de suas descobertas, até a construção de todo um novo arcabouço instrumental, baseado nas explicações apresentadas.

Diante do exposto, se evidencia que a estratégia precisa se reinventar para incorporar mecanismos de reposição, inclusão e realocação de agentes e subsistemas que levem em consideração o consumo de recursos, a redundância, a complementariedade e a capacidade de estabelecer relações das unidades manejadas, o que modifica significativamente as relações internas e externas das organizações. A partir desta complexa abordagem, é possível refletir sobre o papel de cada agente como bacia de atração e entender a relevância do sistema técnico da organização, sobre a cooptação dos mesmos. Ela também permite compreender as implicações das relações recursivas envolvendo a organização, o sistema socioeconômico e o ecossistema, de tal maneira que pavimenta o caminho para a construção, tanto de organizações, como de sistemas socioeconômicos sustentáveis ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

- Abrantes, P. C. C. (2009). *A metodologia de J. C. Maxwell e o desenvolvimento da teoria eletro-magnética*.
- Almeida, M. I. R. d. (2001). *Manual de planejamento estratégico: desenvolvimento de um plano estratégico com a utilização de planilhas excel*. São Paulo: Atlas.
- Andersson, S. G. E., Zomorodipour, A., Andersson, J. O., Sicheritz-Ponten, T., Alsmark, U. C. M., Podowski, R. M., . . . Kurland, C. G. (1998). The genome sequence of *Rickettsia prowazekii* and the origin of mitochondria. [10.1038/24094]. *Nature*, 396(6707), 133-140.
- Andrews, K. R. (2003). The concept of corporate strategy. In H. Mintzberg, J. Lampel, J. B. Quinn & S. Ghoshal (Eds.), *The strategy process: concepts, contexts, cases* (4 ed., pp. 72-79). Upper Saddle River: Pearson.
- Ansoff, H. I., Declerck, R. P., & Hayes, R. L. (1981). Do planejamento estratégico à administração estratégica (C. R. V. d. Araújo, Trans.). In H. I. Ansoff, R. P. Declerck & R. L. Hayes (Eds.), *Do planejamento estratégico à administração estratégica* (pp. 48-90). São Paulo: Atlas.
- Ansoff, H. I., & Hayes, R. L. (1981). Evolução do problema estratégico (C. R. V. d. Araújo, Trans.). In H. I. Ansoff, R. P. Declerck & R. L. Hayes (Eds.), *Do planejamento estratégico à administração estratégica* (pp. 15-18). São Paulo: Atlas.
- Araújo, C. R. V. (2012). *História do pensamento econômico: uma abordagem introdutória*. São Paulo: Atlas.
- Ashby, W. R. (1970). *Introdução à cibernética* (G. K. Guinsburg, Trans.). São Paulo: Perspectiva.
- Atlan, H. (1974). On a formal definition of organization. *Journal of Theoretical Biology*, 45, 295-304.
- Atlan, H. (2001). As finalidades inconscientes (S. C. Leite, Trans.). In W. I. Thompson (Ed.), *Gaia: uma teoria do conhecimento* (3 ed., pp. 103-119). São Paulo: Gaia.
- Bainbridge, W. S. (2007). The scientific research potential of virtual worlds. *Science*, 317(5837), 472-476. doi: 10.1126/science.1146930
- Barnard, C. I. (1938). *The functions of the executive*: Harvard University Press.
- Baronett, S. (2009). *Lógica: uma introdução voltada para as ciências* (A. Laschuk, Trans.). Porto Alegre: Bookman.
- Bateson, G. (1967). Cybernetic explanation. *The american behavioral scientist*, 10(8), 29-32.
- Bauer, R. (1999). *Gestão da mudança: caos e complexidade nas organizações*. São Paulo: Atlas.
- Baum, W. M. (1999). *Compreender o behaviorismo: ciência, comportamento e cultura* (M. T. A. Silva, M. A. Matos, G. Y. Tamanari & E. Z. Tourinho, Trans.). Porto Alegre: Artes Médicas.
- Baye, M. R. (2010). *Economia de empresas e estratégias de negócios* (A. F. Lima, Trans. 6 ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Becker, G. S. (1962). Irrational behavior and economic theory. *The journal of political economy*, 70(1), 1-13.

- Becker, G. S. (1965). A Theory of the Allocation of Time. *The Economic Journal*, 75(299), 493-517. doi: 10.2307/2228949
- Becker, G. S., & Becker, G. N. (1996). *The economics of life*. New York: McGraw-Hill.
- Bergamini, C. W. (2006). *Motivação nas organizações* (4 ed.). São Paulo: Atlas.
- Berryman, M., & Angus, S. (2010). Tutorials on agent-based modelling with netlogo and network analysis with pajek. In R. Dewar & F. Detering (Eds.), *Complex physical, biophysical and econophysical systems: proceedings of the 22nd canberra international physics summer school* (pp. 351-375). Singapore: World Scientific.
- Bertalanffy, L. v. (2009). *Teoria geral dos sistemas: fundamentos desenvolvimento e aplicações* (F. M. Guimarães, Trans. 4 ed.). Petrópolis: Vozes.
- Bertero, C. O., Caldas, M. P., & Wood Jr., T. (1999). Produção Científica em Administração de Empresas: Provocações, Insinuações e Contribuições para um Debate Local. *Revista de Administração Contemporânea*, 3(1), 147-178.
- Besanko, D., Dranove, D., Shanley, M., & Schaefer, S. (2012). *A economia da estratégia* (C. d. Brito, Trans. 5 ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Bethlem, A. (2001). *Estratégia empresarial: conceitos, processos e administração estratégica*. (3 ed.). São Paulo: Atlas.
- Billari, F. C., Fent, T., Prskawetz, A., & Scheffran, J. (2006). Agent-based computational modelling: an introduction. In F. C. Billari, T. Fent, A. Prskawetz & J. Scheffran (Eds.), *Agent-based computational modelling: applications in demography, social, economic and environmental sciences* (pp. 1-16). New York: Physica-Verlag.
- Blackorby, C., & Donaldson, D. (1988). Money metric utility: A harmless normalization? *Journal of Economic Theory*, 46(1), 120-129. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0022-0531\(88\)90152-4](http://dx.doi.org/10.1016/0022-0531(88)90152-4)
- Bonabeau, E. W., & Theraulaz, G. (1998). Why do we need artificial life? In C. G. Langton (Ed.), *Artificial life: an overview* (pp. 303-323). Cambridge: The MIT Press.
- Brown, S. L., & Eisenhardt, K. M. (2004). *Estratégia competitiva no limiar do caos: uma visão dinâmica para as transformações corporativas*. (M. Rosas, Trans.). São Paulo: Cultrix.
- Buchanan, M. (2009). The economy needs agent-based modelling. *Nature*, 460(7256), 680-682. doi: 10.1038/460685a
- Bunge, M. (1987). *Epistemologia: curso de atualização* (C. Navarra, Trans. 2 ed. Vol. 4). São Paulo: T. A. Queiroz: Editora da Universidade de São Paulo.
- Burnett, J. J. (1998). A strategic approach to managing crises. *Public Relations Review*, 24(4), 475-488. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0363-8111\(99\)80112-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0363-8111(99)80112-X)
- Capra, F. (1983). *The turning point: science, society, and the rising culture*. Toronto; New York: Bantam Books.
- Capra, F. (2002). *As conexões ocultas: ciência para uma vida sustentável* (M. B. Cipolla, Trans.). São Paulo: Cultrix.
- Capra, F. (2006). *A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos* (N. R. Eichenberg, Trans.). São Paulo: Cultrix.
- Caravantes, G. R., Panno, C. C., & Kloeckner, M. C. (2005). *Administração: teorias e processos*. São Paulo: Prentice Hall.

- Casanova, P. G. (2004). *Las nuevas ciencias y las humanidades: de la academia a la política*. Barcelona: Anthropos Editorial.
- Casanova, P. G. (2006). *As novas ciências e as humanidades: da academia à política* (M. Benedito, Trans. 1 ed.). São Paulo: Boitempo.
- Castlefranchi, C., Miceli, M., & Cesta, A. (1992). Dependence relations among autonomous agents (abstract). *SIGOIS Bull.*, 13(3), 14. doi: 10.1145/152683.152697
- Clegg, S., Carter, C., & Kornberger, M. (2004). Get up, I feel like a strategy machine. *European Management Review*, 1(1), 21-28.
- Cooper, D. R., & Schindler, P. S. (2003). *Métodos de pesquisa em administração* (L. d. O. d. Rocha, Trans. 7 ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Costanza, R., Cumberland, J., Daly, H., Goodland, R., & Norgaard, R. (1997). *An introduction to ecological economics*. Boca Raton: CRC Press.
- Crouch, A. (1998). Reframing the strategic problem: An accommodation of harmony and belligerence in strategic management. *Journal of Business Research*, 41(1), 3-13. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0148-2963\(97\)00007-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0148-2963(97)00007-6)
- Dagan, T., Roettger, M., Stucken, K., Landan, G., Koch, R., Major, P., . . . Martin, W. F. (2013). Genomes of Stigonematalean Cyanobacteria (Subsection V) and the Evolution of Oxygenic Photosynthesis from Prokaryotes to Plastids. *Genome Biology and Evolution*, 5(1), 31-44. doi: 10.1093/gbe/evs117
- Darwin, C. (2009). *A origem das espécies* (J. Green, Trans. 2 ed.). São Paulo: Martin Claret.
- Davidoff, L. L. (2001). *Introdução à psicologia* (L. Peres, Trans. 3 ed.). São Paulo: Pearson Makron Books.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "What" and "Why" of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior. *Psychological Inquiry: An International Journal for the Advancement of Psychological Theory*, 11(4), 227-268. doi: http://dx.doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01
- Diamond, J. M. (2006). *Collapse: how societies choose to fail or succeed*. Viking Penguin.
- Dobos, E. (2006). Albedo. In R. Lal (Ed.), *Encyclopedia of Soil Science* (2 ed., pp. 24-25). Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Drucker, P. F. (1994). The age of social transformation. *The atlantic monthly*, 274(5), 53-80.
- Drucker, P. F. (1998). *Administrando para obter resultados* (N. Montingelli Jr., Trans.). São Paulo: Pioneira.
- Drucker, P. F. (1999). The discipline of innovation. *Fund Raising Management*, 30(3), 34-35.
- Drucker, P. F. (2000). Strategies for the 21st century. *Tooling & Production*, 66(1), 92-97.
- Drucker, P. F. (2003). *The new realities* (Revised ed.). New Brunswick: Transaction Publishers.
- Duan, H., & Sun, C. (2014). Swarm intelligence inspired skills and the evolution of cooperation. [Article]. *Scientific Reports*, 4. doi: 10.1038/srep05210
- Eaton, B. C., & Eaton, D. F. (1999). *Microeconomia* (C. C. Bartalotti, Trans. 3 ed.). São Paulo: Saraiva.
- Emery, F. E., & Trist, E. L. (1960). Socio-technical systems. In C. W. Churchman & M. Verhulst (Eds.), *Management sciences, models and techniques*:

- Proceedings of the 6th- international meeting of the Institute of Management Sciences* (Vol. 2, pp. 83-97). New York: Pergamon.
- Epstein, J. M., & Axtell, R. (1996). *Growing artificial societies: social science from the bottom up*. Washington: The brookings institution.
- Fairman, J. W., Noinaj, N., & Buchanan, S. K. (2011). The structural biology of β -barrel membrane proteins: a summary of recent reports. *Current Opinion in Structural Biology*, 21(4), 523-531. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbi.2011.05.005>
- Faria, A. (2005). Realismo crítico em pesquisa estratégica. In M. M. F. Vieira & D. M. Zouain (Eds.), *Pesquisa qualitativa em administração* (pp. 45-69). Rio de Janeiro: Editora FGV.
- Farmer, D., & Foley, D. (2009). The economy needs agent-based modelling. *Nature*, 460(7256), 685-686. doi: 10.1038/460685a
- Fischer, K., Weber, A., Brink, S., Arbinger, B., Schünemann, D., Borchert, S., . . . Link, T. A. (1994). Porins from plants. Molecular cloning and functional characterization of two new members of the porin family. *Journal of Biological Chemistry*, 269(41), 25754-25760.
- Fleming, P. J., & Wallace, J. J. (1986). How not to lie with statistics: the correct way to summarize benchmark results. *Commun. ACM*, 29(3), 218-221. doi: 10.1145/5666.5673
- Fruchterman, T. M. J., & Reingold, E. M. (1991). Graph drawing by force-directed placement. *Software - practice and experience*, 21(11), 1129 - 1164. doi: 10.1002/spe.4380211102
- Garcia, A. C. B., & Sichman, J. S. (2005). Agentes e sistemas multiagentes. In S. O. Rezende (Ed.), *Sistemas inteligentes: fundamentos e aplicações* (pp. 269-306). Barueri: Manole.
- Gardner, H. (1996). *Mentes que lideram: uma anatomia da liderança* (M. A. V. Veronese, Trans.). Porto Alegre: Artes Médicas.
- Garrett, H. E. (1977). *Psicologia* (D. Davies & C. Nayfeld, Trans. 8 ed.). Rio de Janeiro: Ao livro técnico.
- Gibson, J. L., Ivancevich, J. M., Donnelly Jr., J. H., & Konopaske, R. (2006). *Organizações: comportamento, estrutura e processos* (S. Sonoe & M. Cuccio, Trans. 12 ed.). São Paulo: MacGraw-Hill.
- Glass, L., & Mackey, M. C. (1997). *Dos relógios ao caos: os ritmos da vida* (V. Baranauskas & C. Fragoso, Trans.). São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.
- Gleick, J. (1988). *Chaos: making a new science*. New York: Penguin Books.
- Gleiser, M. (2010). *Criação imperfeita: cosmo, vida e o código oculto da natureza*. São Paulo: Record.
- Goodland, R. (1992). The case that the world has reached limits. In R. Goodland, H. E. Daly & S. E. Serafy (Eds.), *Population, technology, and lifestyle: the transition to sustainability: the transition to sustainability* (pp. 3-22). Washington: Island Press.
- Goulielmos, A. M. (2005). Complexity theory: a science where historical accidents matter. *Disaster Prevention and Management*, 14(4), 533-547.
- Gulden, T. R. (2013). Agent-Based Modeling as a Tool for Trade and Development Theory. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 16(2), 1.
- Hamel, G. (1996). Strategy as revolution. *Harvard Business Review*, 74(4), 69-82.

- Hamel, G. (1998). Strategy emergence. *Executive Excellence*, 15(12), 3-4.
- Hamel, G. (2002). Inovação estratégica e busca do valor (A. B. Rodrigues, Trans.). In M. A. Cusumano & C. C. Markides (Eds.), *Pensamento Estratégico* (pp. 181-195). Rio de Janeiro: Campus.
- Hamill, L. (2010). Agent-Based Modelling: The Next 15 Years. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 13(4), 7.
- Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science*, 162(3859), 1243-1248. doi: 10.2307/1724745
- Haselhoff, F. (1981). Novo paradigma para o estudo das metas organizacionais (C. R. V. d. Araújo, Trans.). In H. I. Ansoff, R. P. Declerck & R. L. Hayes (Eds.), *Do planejamento estratégico à administração estratégica* (pp. 28-40). São Paulo: Atlas.
- Heidbreder, E. (1981). *Psicologias do século XX* (L. S. Blandy, Trans. 5 ed.). São Paulo: Mestre Jou.
- Herepath, A. (2014). In the Loop: A Realist Approach to Structure and Agency in the Practice of Strategy. *Organization Studies*, 35(6), 857-879. doi: 10.1177/0170840613509918
- Heylighen, F. (1992). *Principles of Systems and Cybernetics: an evolutionary perspective*. Paper presented at the Cybernetics and Systems '92.
- Hinde, R. A. (1974). *Social behavior in animals; Psychology, Comparative; Biology; Social behavior*. New York: McGraw-Hill
- Hunger, J. D., & Wheelen, T. L. (2002). *Gestão estratégica: princípios e prática* (T. e. L. L. Bazán, Trans. 2 ed.). Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso Editores.
- Hurtado, P. (2006). Will the real complexity in strategic management please stand up? *Competition Forum*, 4(1), 175-182.
- Husserl, E. (2001). *Meditações cartesianas: introdução à fenomenologia* (F. d. Oliveira, Trans.). São Paulo: Madras.
- Jarzabkowski, P., & Paul Spee, A. (2009). Strategy-as-practice: A review and future directions for the field. *International Journal of Management Reviews*, 11(1), 69-95. doi: 10.1111/j.1468-2370.2008.00250.x
- Jarzabkowski, P., & Wilson, D. C. (2006). Actionable Strategy Knowledge:: A Practice Perspective. *European Management Journal*, 24(5), 348-367.
- Jennings, N. R. (2001). An agent-based approach for building complex software systems: why agent-oriented approaches are well suited for developing complex, distributed systems. *Communications of the acm*, 44(4), 35-41.
- Johnson, A. W., & Earle, T. K. (2000). *The evolution of human societies: from foraging group to agrarian state* (2 ed.). Stanford: Stanford University Press.
- Klee, H., & Allen, R. (2011). *Simulation of dynamic systems with MATLAB and Simulink* (2 ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Kotler, P. (2000). *Administração de Marketing* (T. e. L. L. Bazán, Trans.). São Paulo: Prentice Hall.
- Krugman, P., & Wells, R. (2011). *Introdução à economia* (H. Hoffmann, Trans. 2 ed.). Rio de Janeiro: Elsevier.
- Kuhn, T. S. (1996). *The structure of scientific revolutions* (3 ed.). Chicago: The University of Chicago Press.
- Laplace, M. d. (1829). *Essai philosophique sur les probabilités*. Bruxelles: Chez H. Remy.
- Lenton, T. M. (1998). Gaia and natural selection. *Nature*, 394(30), 439-447.

- Lenton, T. M., & Lovelock, J. (2001). Daisyworld revisited: quantifying biological effects on planetary self-regulation. *Tellus B*, 53(3), 288-305.
- Lovelock, J. (2000). *Gaia: a new look at life on earth*. Oxford: Oxford University Press.
- Lovelock, J. (2001). Gaia: um modelo para a dinâmica planetária e celular (S. C. Leite, Trans.). In W. I. Thompson (Ed.), *Gaia: uma teoria do conhecimento* (3 ed., pp. 77-90). São Paulo: Gaia.
- Lovelock, J., & Kaplan, I. R. (1975). Thermodynamics and the Recognition of Alien Biospheres [and Discussion]. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 189(1095), 167-181.
- Luhmann, N. (1995). *Social Systems* (J. Bednarz Jr., Trans.). Stanford: Stanford University Press.
- MacLennan, B. (1992). *Synthetic ethology: an approach to the study of communication*. Paper presented at the Artificial Life II: the second workshop on the synthesis and simulation of living systems, Redwood City.
- Margulis, L. (1998). *Symbiotic planet: a new look at evolution*. New York: Basic Books.
- Margulis, L. (2001). Os primórdios da vida: os micróbios têm prioridade (S. C. Leite, Trans.). In W. I. Thompson (Ed.), *Gaia: uma teoria do conhecimento* (3 ed., pp. 91-101). São Paulo: Gaia.
- Margulis, L., & Sagan, D. (1987). *Microcosmos: four billion years of evolution from microbial ancestors*. London: Allen & Unwin.
- Margulis, L., & Sagan, D. (2002). *O que é vida?* (V. Ribeiro, Trans.). Rio de Janeiro: Jorge Zahar.
- Markides, C. C. (2002). Uma visão dinâmica da estratégia (A. B. Rodrigues, Trans.). In M. A. Cusumano & C. C. Markides (Eds.), *Pensamento Estratégico* (pp. 227-244). Rio de Janeiro: Campus.
- Marshall, A. (2009). *Principles of economics* (8 ed. Vol. I). New York: Cosimo classics.
- Marx, K., & Engels, F. (2001). Manifesto do Partido Comunista (Anônimo, Trans.). In C. Alencar (Ed.), *Manifesto Comunista* (pp. 37-88). Rio de Janeiro: Garamond.
- Maslow, A. H. (1970). *Motivation and personality* (2 ed.). New York: Harper & Row.
- Matthews, R. (2008). *25 grandes idéias: como a ciência está transformando nosso mundo* (J. Gradel, Trans.). Rio de Janeiro: Jorge Zahar.
- Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1988). *The tree of knowledge: the biological roots of human understanding* (R. Paolucci, Trans.). Boston: New Science Library.
- Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1997). *De máquinas e seres vivos: autopoiese - a organização do vivo* (J. A. Llorens, Trans. 3 ed.). Porto Alegre: Artmed.
- McCulloch, W. S., & Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The bulletin of mathematical biophysics*, 5(4), 115-133. doi: 10.1007/BF02478259
- McGuigan, J. R., Moyer, R. C., & Harris, F. H. d. (2010). *Economia de empresas: aplicações, estratégia e táticas* (11 ed.). São Paulo: Cengage Learning.
- Mileykovskaya, E., & Dowhan, W. (2009). Cardiolipin membrane domains in prokaryotes and eukaryotes. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Biomembranes*, 1788(10), 2084-2091. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbamem.2009.04.003>
- Mintzberg, H. (1987a). Crafting Strategy. *Harvard Business Review*, 66-75.

- Mintzberg, H. (1987b). Crafting strategy. *Harvard Business Review*, 65(5), 66-75.
- Mintzberg, H. (1987c). The strategy concept I: five ps for strategy. *California Management Review*, 30(1), 11-24.
- Mintzberg, H. (2003a). Crafting strategy. In H. Mintzberg, J. Lampel, J. B. Quinn & S. Ghoshal (Eds.), *The strategy process: concepts, contexts, cases* (4 ed., pp. 141-149). Upper Saddle River: Pearson.
- Mintzberg, H. (2003b). Five Ps for strategy. In H. Mintzberg, J. Lampel, J. B. Quinn & S. Ghoshal (Eds.), *The strategy process: concepts, contexts, cases* (4 ed., pp. 3-9). Upper Saddle River: Pearson.
- Mintzberg, H., Ahlstrand, B., & Lampel, J. (1998). *Strategy safari: a guided tour through the wilds of strategic management*. New York: The Free Press.
- Mintzberg, H., & Lampel, J. (1999). Reflecting on the strategy process. *Sloan Management Review*, 40(3), 21-30.
- Morin, E. (2007a). *Ciência com consciência* (M. D. Alexandre & M. A. S. Dória, Trans. 10 ed.). Rio de Janeiro: Bertrand.
- Morin, E. (2007b). *Educação e complexidade: os sete saberes e outros ensaios* (E. d. A. Carvalho, Trans. 4 ed.). São Paulo: Cortez.
- Morin, E. (2007c). *Introdução ao pensamento complexo* (E. Lisboa, Trans. 3 ed.). Porto Alegre: Sulina.
- Mukherji, A., & Hurtado, P. (2001). Interpreting, categorizing and responding to the environment: the role of culture in strategic problem definition. *Management Decision*, 39(2), 105-112.
- Nash, J. F., Jr. (1950). The Bargaining Problem. *Econometrica*, 18(2), 155-162. doi: 10.2307/1907266
- Novaes, P. (1971). *Economia e recursos humanos*. Rio de Janeiro: Renes.
- Nowotny, H. (2005). The increase of complexity and its reduction: emergent interfaces between the natural sciences, humanities and social sciences. *Theory culture society*, 22(5), 15-31. doi: 10.1177/0263276405057189
- Pascale, R. T. (2002). Surfando à beira do caos (A. B. Rodrigues, Trans.). In M. A. Cusumano & C. C. Markides (Eds.), *Pensamento Estratégico* (pp. 111-132). Rio de Janeiro: Campus.
- Peirce, C. S. (1974). *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*: Belknap Press of Harvard University Press.
- Pelz, J., Hayhoe, M., Ballard, D., Shrivastava, A., Bayliss, J., & Heyde, M. v. d. (1999). *Development of a virtual laboratory for the study of complex human behavior*. Paper presented at the Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems VI SPIE, San Jose.
- Pérez-Ramos, J., & Pérez-Ramos, A. M. Q. (2004). Novas perspectivas da Psicologia Positiva. *Boletim Academia Paulista de Psicologia*, XXIV, 57-60.
- Peters, T. (1989). *Prosperando no caos* (N. Montingelli, Trans.). São Paulo: Harbra.
- Piaget, J. (1996). *Biologia do conhecimento: ensaio sobre as relações entre as regulações orgânicas e os processos cognoscivos* (F. M. Guimarães, Trans.). Petrópolis: Vozes.
- Pierce, J. R. (1980). *An introduction to information theory: symbols, signals and noise* (2 ed.). New York: Dover Publications.
- Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (1999). *Microeconomia* (L. F. Cozac, M. T. d. Barros & M. T. Pinto, Trans. 4 ed.). São Paulo: Makron.

- Porter, L. W., Bigley, G. A., & Steers, R. M. (2003). *Motivation and work behavior* (7 ed.). New York: McGraw-Hill/Irwin.
- Porter, M. E. (1990). *Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior* (E. M. d. Pinho, Trans.). Rio de Janeiro: Campus.
- Porter, M. E. (1996). What is strategy? *Harvard Business Review*, 74(6), 61-78.
- Porter, M. E. (1999). *Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência* (E. M. d. P. Braga, Trans. 17 ed.). Rio de Janeiro: Campus.
- Posamentier, A. S., & Lehmann, I. (2007). *The (fabulous) Fibonacci numbers*. New York: Prometheus Books.
- Possas, M. L. (2008). Economia evolucionária neo-schumpeteriana: elementos para uma integração micro-macrodinâmica. *Estudos avançados*, 22(63), 281-305. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200021>
- Pozo, J. I. (1998). *Teorias cognitivas da aprendizagem* (J. A. Llorens, Trans. 3 ed.). Porto Alegre: Artes Médicas.
- Prahalad, C. K., & Hamel, G. (1990). The core competences of the corporation. *Harvard Business Review*, 79-91.
- Prahalad, C. K., & Hamel, G. (1994). Strategy as a field of study: why search for a new paradigm? *Strategic Management Journal*, 15, 5-16.
- Prigogine, I. (1996). *O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza* (R. L. Ferreira, Trans.). São Paulo: UNESP.
- Prigogine, I. (2002). *As leis do caos* (R. L. Ferreira, Trans.). São Paulo: UNESP.
- Pyka, A., & Grebel, T. (2006). Agent-based modelling - a methodology for the analysis of qualitative development. In F. C. Billari, T. Fent, A. Prskawetz & J. Scheffran (Eds.), *Agent-based computational modelling: applications in demography, social, economic and environmental sciences* (pp. 17-35). New York: Physica-Verlag.
- Rawls, J. (1999). *A theory of justice* (Revised ed.). Cambridge: Harvard University Press.
- Reguera, D., Rubí, J. M., & Vilar, J. M. G. (2005). The mesoscopic dynamics of thermodynamic systems. *Journal of Physical Chemistry B*, 109(46), 21502-21515. doi: 10.1021/jp052904i
- Rossetti, J. P. (2003). *Introdução à economia* (20 ed.). São Paulo: Atlas.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2003). *Artificial intelligence: a modern approach* (2 ed.). Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Sachs, J. D. (2008). Cuidando do futuro. *Scientific American Brasil*(79), 23.
- Sagan, L. (1967). On the origin of mitosing cells. *Journal of Theoretical Biology*, 14(3), 225-IN226. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0022-5193\(67\)90079-3](http://dx.doi.org/10.1016/0022-5193(67)90079-3)
- Samuelson, P. A., & Nordhaus, W. D. (1993). *Economia* (E. N. Fontainha & J. P. Gomes, Trans. 14 ed.). Lisboa: McGraw-Hill.
- Sardar, Z., & Abrams, I. (1999). *Introducing chaos*. Duxford: Icon Books.
- Schwartz, S. H. (1994). Are There Universal Aspects in the Structure and Contents of Human Values? *Journal of Social Issues*, 50(4), 19-45.
- Senge, P. M. (2009). *A quinta disciplina: arte e prática da organização que aprende* (G. Zide Neto, Trans. 25 ed.). Rio de Janeiro: BestSeller.
- Senge, P. M., Scharmer, C. O., Jaworski, J., & Flowers, B. S. (2008). Alternative Future. *Leadership Excellence*, 25(2), 3-4.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The bell system technical journal*, 27, 379-423, 623-656.

- Shimizu, T. (2010). *Decisão nas organizações*. São Paulo: Atlas.
- Skar, J. (2003). Introduction: self-organization as an actual theme. *Philosophical Transactions of the Royal Society a-Mathematical Physical and Engineering Sciences*, 361(1807), 1049-1056. doi: 10.1098/rsta.2003.1184
- Smets, M., & Jarzabkowski, P. (2013). Reconstructing institutional complexity in practice: A relational model of institutional work and complexity. *Human Relations*, 66(10), 1279-1309. doi: 10.1177/0018726712471407
- Snyder, C., & Nicholson, W. (2008). *Microeconomic Theory* (10 ed.). Mason: Thomson
- Spiegel, H. W. (1991). *The growth of economic thought* (3 ed.). Durham: Duke University Press.
- Squazzoni, F. (2010). The impact of agent-based models in the social sciences after 15 years of incursions. *History of economic ideas*, 18(2), 197-234.
- Stacey, R. D. (1991). *The chaos frontier: creative strategic control for business*. Malksham: Redwood Press.
- Stacey, R. D. (1995). The science of complexity - an alternative perspective for strategic change processes. [Article]. *Strategic Management Journal*, 16(6), 477-495.
- Stacey, R. D. (1996). Emerging strategies for a chaotic environment. *Long Range Planning*, 29(2), 182-189. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0024-6301\(96\)00006-4](http://dx.doi.org/10.1016/0024-6301(96)00006-4)
- Stacey, R. D. (2007). *Strategic Management and Organisational Dynamics: The Challenge of Complexity to Ways of Thinking about Organisations*: Financial Times Prentice Hall.
- Sternberg, R. J. (2008). *Psicologia cognitiva* (R. C. Costa, Trans. 4 ed.). Porto alegre: Artmed.
- Stevenson, W. J. (1986). *Estatística Aplicada a Administração*. São Paulo: Editora Harpa.
- Strelau, J. (1982). Biologically determined dimensions of personality or temperament? *Personality and Individual Differences*, 3(4), 355-360.
- Sweeney, D. J., Williams, T. A., & Anderson, D. R. (2014). *Estatística aplicada à administração e economia* (S. A. Visconti, Trans. 6 ed.). São Paulo: Cengage Learning.
- Terra, L. A. A. (2010). *Dinâmica simbiótica: o problema estratégico visto sob a perspectiva da complexidade*. (Mestrado em ciências no programa de administração de organizações. Dissertação), Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.
- Terra, L. A. A., & Passador, J. L. (2014). *Dinâmica simbiótica: o problema estratégico sob a perspectiva da complexidade*. Paper presented at the 10º Congresso Brasileiro de Sistemas, Ribeirão Preto <http://www.isssbrasil.usp.br/ocs/index.php/cbs/10cbs/paper/view/57/47>
- Thiollent, M. (1983). Problemas de metodologia. In A. C. C. Fleury & N. Vargas (Eds.), *Organização do trabalho: uma abordagem interdisciplinar: sete estudos sobre a realidade brasileira* (pp. 54-83). São Paulo: Atlas.
- Trist, E. L. (1977). A concept of organizational ecology. [Article]. *Australian Journal of Management*, 2(2), 161.
- Trist, E. L., & Bamforth, K. W. (1951). Some Social and Psychological Consequences of the Longwall Method of Coal-Getting: An Examination of the Psychological Situation and Defences of a Work Group in Relation to the Social Structure

- and Technological Content of the Work System. *Human Relations*, 4(1), 3-38. doi: 10.1177/001872675100400101
- Valen, L. V. (1973). Body Size and Numbers of Plants and Animals. *Evolution*, 27(1), 27-35. doi: 10.2307/2407116
- Valle, A. B. d., Soares, C. A. P., Finocchio Jr, J., & Silva, L. d. S. F. d. (2007). *Fundamentos do gerenciamento de projetos*. Rio de Janeiro: Editora FGV.
- Varela, F. J. (1979). *Principles of Biological Autonomy*. New York: Elsevier North Holland.
- Varela, F. J., Maturana, H. R., & Uribe, R. (1974). Autopoiesis: the organization of living systems, its characterization and a model. *Biosystems*, 5(4), 187-196. doi: 10.1016/0303-2647(74)90031-8
- Varian, H. R. (1999). *Microeconomia: princípios básicos* (R. Inojosa, Trans. 4 ed.). Rio de Janeiro: Campus.
- Vilar, J. M. G., & Rubí, J. M. (2001). Thermodynamics "beyond" local equilibrium. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(20), 11081-11084. doi: 10.1073/pnas.191360398
- Vitousek, P. M. (1994). Beyond global warming: ecology and global change. *Ecology*, 75(7), 1861-1876.
- Vroom, V. H. (1964). *Work and Motivation*. New York: Wiley.
- Walras, L. (1926). *Éléments d'économie politique pure*. Paris: R. Pichon et R. Durand-Auzias.
- Watson, A. J., & Lovelock, J. (1983). Biological homeostasis of the global environment: the parable of daisyworld. *Tellus B*, 35(4), 284-289.
- Watterlond, M. (1983). The holy ghost people. *Science*, 4(4), 50-57.
- Whittington, R. (2004). Strategy after modernism: recovering practice. *European Management Review*, 1(1), 62-68.
- Wilson, E. O. (2000). *Sociobiology: the new synthesis*. Harvard University Press.
- Wooldridge, M., & Jennings, N. R. (1995). Intelligent agents: theory and practice. *The knowledge engineering review*, 10(2), 115-152.
- Wright, P., Kroll, M. J., & Parnell, J. (2007). *Administração estratégica: conceitos* (C. A. Rimoli & L. R. Esteves, Trans.). São Paulo: Atlas.
- Zamfir, C. G., & Vîrlan, G. (2009). The utility of the consumer from the ancients to the classics. *EuroEconomica*(1 (22)), 63-68.
- Zentall, S. S., & Zentall, T. R. (1983). Optimal stimulation: a model of disordered activity and performance in normal and deviant children. *Psychological Bulletin*, 94(3), 446-471.
- Zeth, K., & Thein, M. (2010). Porins in prokaryotes and eukaryotes: common themes and variations. *Biochemical Journal*, 431(1), 13-22. doi: 10.1042/BJ20100371

APÊNDICE A – ALGORITMO DO MODELO PARA NETLOGO 5.1.0


```

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Código fonte do experimento de etologia sintética do modelo ;;
;; de Dinâmica Simbiótica - Execução em NetLogo 5.1.0 e 5.0.5 ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Copyright 2014 Leonardo Augusto Amaral Terra ;;
;; Este código tem o objetivo único de permitir a reprodução e ;;
;; validação do experimento. Não pode ser utilizado para outros ;;
;; fins, sem o consentimento prévio do autor. ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

;; Inicia variáveis básicas da simulação ;;
;; Inicia variáveis globais ;;
;; Cria variáveis globais
;; temperatura = Temperatura média dos layers onde vivem as plantas
;; concluido é o contador % de turnos.
extensions [table]
globals [
  temperatura
  concluido
  energiapl
  metabolitospl
  energiap2
  metabolitosp2
  maxdinheiro
  quantidadetotal1
  quantidadetotal2
  quantidadetotal3
  quantidadetotal4
  quantidadetotal5
  quantidadebcs1
  quantidadebcs2
  quantidadebcs3
  quantidadetotalterra
  quantidadetotalgelo
  numerodeagentes
  agentesalocados
  produtividadedelagentes
  produtividade2agentes
  produtividadecoletaagentes
  organizacaoagentes
  numerodelinkssociaisfracos
  numerodelinkssociaisfortes
  utilidadetotaldosagentes
  utilidadesemdinheirodosagentes
  energiataldosagentes
  tempvidast
]

Breed [agentes agente] ;; Cria raça agentes livres, capazes de tomar decisões.
Breed [bcs1 bcl] ;; Cria sistemas técnicos 1
Breed [bcs2 bc2] ;; Cria sistemas técnicos 2
Breed [bcs3 bc3] ;; Cria sistemas técnicos 3
Breed [bancoscentrais bancocentral] ;; Cria o banco central. Ele atua como uma bolsa mediadora de
bens.
undirected-link-breed [linkssociais linksocial] ;; Cria raça de links sociais.
directed-link-breed [linksproprietarios linkproprietario] ;; Cria raça de links entre donos e
negócio.
;; Cria link entre agente e organização. Estes links são um tipo de link de serviço. Permanecerão
ocultos
;;e serão usados apenas para travar salários e criar uma referência rápida com a organização.
directed-link-breed [linksorganizacionais linkorganizacional]
;; Cria raça de links de hierarquia. Serão usados para observar a formação da rede hierarquica e
comparar com a social.
directed-link-breed [linkshierarquicos linkhierarquico]
patches-own [ operadortemperaturap temperaturap crescimentop semente idade limites ] ;; Cria
variáveis para os recursos naturais

;; Cria variáveis para agentes
agentes-own [
  ;; Variáveis de armazenamento e operacionais.
  energia
  metabolitos
  inventario ;; Trata-se de uma variável do tipo tabela com os 5 itens de inventario
  dinheiro ;; Preserva o dinheiro dos agentes.
  social ;; Nível de satisfação social.
  age ;; A variável idade afeta diretamente o consumo de energia e metabólitos, dificultando a
sobrevivência e a reprodução.
  movimento ;; Variável que define o movimento do agente.
  abertosocial ;; Verificação se o agente está aberto ou não para interações sociais.
  candidatos ;; Retém os candidatos para interações de troca.
  terrenoaoredor ;; Retém o terreno em um raio de 10.

  ;; Variáveis de aprendizado
  produtividade1
  produtividade2
  produtividadecoleta
  organizacao

  ;; Variáveis genéticas
  maxenergia ;; Define o limite de energia. Fundamental para sobrevivência e reprodução.
  maxmetabolitos ;; Define o limite de metabólitos. Fundamental para sobrevivência e reprodução.
  genergia ;; Define gasto de energia.
  zseguranca1 ;; Define a sensibilidade do agente à estoques do produto 1.
  zseguranca2 ;; Define a sensibilidade do agente à estoques do produto 2.
  zseguranca3 ;; Define a sensibilidade do agente à estoques dos plantas 1.
  zseguranca4 ;; Define a sensibilidade do agente à estoques dos plantas 2.
  zseguranca5 ;; Define a sensibilidade do agente à estoques dos plantas 3.
  zdinheiro ;; Define a sensibilidade do agente à estoques de dinheiro.
  zmetabolitos ;; Define a sensibilidade do agente à necessidade de metabólitos.
  zenergia ;; Define a sensibilidade do agente à necessidade de energia.
  zreproducao ;; Define a sensibilidade do agente à necessidade de reprodução.
  zsocial ;; Define a sensibilidade do agente às necessidades sociais.
  maxsocial ;; Define o limite de socialização.
  estilo ;; Define o estilo do agente para interações sociais (há apenas 3 estilos).
  reproducao ;; Define a necessidade de reprodução do agente. Com tudo cheio e quando reproduz
enche novamente.
  maxreproducao ;; define o limite máximo para reproducao.
  pai ;; Ajusta o agente pai, para transferência da herança.

  ;; Variáveis para gerar transações comerciais.
  itemvenda
  itemcompra
  pvenda
  pcompra
  qvenda
  qcompra
]

;; Cria variáveis dos bens de capital
bcs1-own [
  inventario ;; estoque de bens.
  dinheiro ;; Preserva o dinheiro dos agentes.
  multiprodutividade ;; Adicionador de produtividade. Deriva da média entre organizacao e
produtividade
  dos agentes.
  postos ;; Retém o número de postos de trabalho abertos.
  custoacumulado ;; Retém o custo acumulado para cálculo da média de CPV.
  tempodevida

  ;; Variáveis para gerar transações comerciais.
  pvenda
  pcompra1
  pcompra3
  qvenda
  qcompra1
  qcompra3
  qcompra
  pcompra
]

bcs2-own [
  inventario ;; estoque de bens.
  dinheiro ;; Preserva o dinheiro dos agentes.
  multiprodutividade ;; Adicionador de produtividade. Deriva da média entre organizacao e
produtividade
  dos agentes.
  postos ;; Retém o número de postos de trabalho abertos.
  custoacumulado ;; Retém o custo acumulado para cálculo da média de CPV.
  tempodevida

  ;; Variáveis para gerar transações comerciais.
  pvenda
  pcompra1
  pcompra2
  qvenda
  qcompra1
  qcompra2
  qcompra
  pcompra
]

bcs3-own [
  inventario ;; estoque de bens.
  dinheiro ;; Preserva o dinheiro dos agentes.

```

```

multiprodutividade ;; Adicionador de produtividade. Deriva da média entre organizacao e
produtividade dos agentes.
postos ;; Retém o número de postos de trabalho abertos.
custoacumulado ;; Retém o custo acumulado para cálculo da média de CPV.
tempodevida

;; Variáveis para gerar transações comerciais.
pvenda1
qvenda1
pvenda2
qvenda2
pvenda3
qvenda3
qcompra1
pcompra1
qcompra
pcompra
pvenda
qvenda
]

bancoscentrais-own [
  inventario ;; estoque de bens.
  dinheiro ;; Preserva o dinheiro dos agentes

  ;; Retém o histórico de preços de equilíbrio do item. Útil para estimativa de custo das
empresas.
  precop1
  precop2
  precop3
  precop4
  precop5
  quant1
  quant2
  quant3
  quant4
  quant5

  ;; Retém a última interação de preços.
  uprecop1
  uprecop2
  uprecop3
  uprecop4
  uprecop5
  uquant1
  uquant2
  uquant3
  uquant4
  uquant5
]

linkssociais-own [ forca ]

linksorganizacionais-own [
  salario
  ultimanegociacao
]

;;;;;;;;;;;;
;; Setup inicial da simulação ;;
;;;;;;;;;;;;
to setup
  clear-all
  set tempvidast table:make
  ;; Define a semente do gerador de números aleatório
  ifelse seedcustom? [
    random-seed customseed
  ] [
    random-seed new-seed
  ]

  ;; Para que haja funcionamento dos bens de capital trocas precisa estar ativado.
  if sisttecnicos? [
    set trocas? true
  ]

  ;; CONTROLE DE VARIÁVEIS INICIAIS

  set energiap1 (1 - albedograol) * 15
  set metabolitosp1 0
  set energiap2 0
  set metabolitosp2 metabolitos2 * 2

```

Apêndice A – Algoritmo do modelo para Netlogo 5.1.0

```

;; Este é apenas um valor de referência para cálculo do percentual padronizado, porque o
inventário de dinheiro não possui limite.
;; Este valor é atualizado turno a turno para manter o padrão de valor do dinheiro considerando a
redução percentual de sua distribuição.
set maxdinheiro (totaldinheiro / numerodeagentesi) * multimaxdinheiro
set-default-shape agentes "person" ;; Ajusta formato dos agentes livres para person
set-default-shape bcs1 "factory" ;; Ajusta formato para sistemas técnicos 1
set-default-shape bcs2 "factory" ;; Ajusta formato para sistemas técnicos 2
set-default-shape bcs3 "factory" ;; Ajusta formato para sistemas técnicos 3
set-default-shape bancoscentrais "building institution" ;; Ajusta formato para o banco central.
set-default-shape linkssociais "socialforte" ;; Ajusta forma dos links sociais
set-default-shape linkshierarquicos "hierarquico" ;; Ajusta a forma dos links hierarquicos. Eles
Cercam os sociais.

set temperatura tempbase

;;;;;;;;;;;;

;; Ajusta cor patches para: verde (3 variedades); amarelo (2 variedades); marrom (vazio); e cinza
(gelo)
ask patches with [ pxcor < max-pxcor and pycor > min-pycor ] [
  set pcolor one-of [42 43 51 52 53 32 3] ;; Define as plantas/grãos e terrenos livres de maneira
aleatória.
  set semente 0 ;; Ajusta semente para sem semente.
  set crescimento 0 ;; Zera crescimento em todas as plantas.
  set idade random 20 ;; Define a idade das plantas como variadas. Gerar um descompaço torna o
início da simulação mais realista.
  set limites (random-normal temperaturaideal pcolor ajustalimites poolor) - temperaturaideal
pcolor
  if limites < 0 [ set limites (limites * -1) ]
  ;; Define a temperatura operacional de todos os patches
  ajustatemperaturapatches
  set temperaturap ((temperatura + operadortemperaturap) / 2)
]
ask patches with [ pxcor >= max-pxcor or pycor <= min-pycor ] ;; Cria as linhas do oceano.
Importante para difusão
;; Ajusta temperatura de partida do ambiente
set pcolor blue ;; Define como oceano. Não serão tratados em momento algum.
set semente 0 ;; Ajusta semente para sem semente.
set crescimento 0 ;; Não há crescimento.
set idade 0 ;; Não há idade.
;; Define a temperatura operacional de todos os patches
ajustatemperaturapatches
set temperaturap ((temperatura + operadortemperaturap) / 2)
]

if trocas? [
  create-bancoscentrais 1 [
    ;; coloca no centro do mapa.
    set ycor 0
    set xcor 0
    set color 25
    set size agentsize * 2
    set inventario table:make
    table:put inventario "produto1" 0
    table:put inventario "produto2" 0
    table:put inventario "planta1" 0
    table:put inventario "planta2" 0
    table:put inventario "planta3" 0
    set dinheiro 0

    ;; Ajusta os preços de partida dos itens.
    ;; Se ajusta a partir da primeira transação realizada.
    ;; Não é colocado zero para evitar uma divisão por zero em certas avaliações.
    ;; É colocado um valor que tende a zero para gerar resultado similar.
    set precop1 table:make
    table:put precop1 -1 0
    set precop2 table:make
    table:put precop2 -1 0
    set precop3 table:make
    table:put precop3 -1 0
    set precop4 table:make
    table:put precop4 -1 0
    set precop5 table:make
    table:put precop5 -1 0

    set quant1 table:make
    table:put quant1 -1 0
    set quant2 table:make
    table:put quant2 -1 0
    set quant3 table:make
    table:put quant3 -1 0
  ]
]

```



```

    set quant4 table:make
    table:put quant4 -1 0
    set quant5 table:make
    table:put quant5 -1 0

;; Retém a última interação de preços.
set uprecop1 0
set uprecop2 0
set uprecop3 0
set uprecop4 0
set uprecop5 0
set uquant1 0
set uquant2 0
set uquant3 0
set uquant4 0
set uquant5 0
]
]

reset-ticks

end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Iniciando simulação ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
to go

;; Atualiza variáveis de contagens, para uso geral.
set quantidadetotal1 count patches with [pcolor = 42]
set quantidadetotal2 count patches with [pcolor = 43]
set quantidadetotal3 count patches with [pcolor = 51]
set quantidadetotal4 count patches with [pcolor = 52]
set quantidadetotal5 count patches with [pcolor = 53]
set quantidadetotalterra count patches with [pcolor = 32]
set quantidadetotalgelo count patches with [pcolor = 3]
set numerodelinkssociaisfracos count linkssociais with [força <= maxforçasocial * 0.5]
set numerodelinkssociaisfortes count linkssociais with [força > maxforçasocial * 0.5]
set agentesalocados count agentes with [any? my-in-linkshierarquicos or any? my-out-
linkspropriarios]
set energiatotaldosagentes sum [energia] of agentes
set quantidadebcs1 count bcs1
set quantidadebcs2 count bcs2
set quantidadebcs3 count bcs3
ifelse any? agentes [
  set produtividadeagentes mean [produtividade1] of agentes
  set produtividade2agentes mean [produtividade2] of agentes
  set produtividadecoletaagentes mean [produtividadecoleta] of agentes
  set organizacaoagentes mean [organizacao] of agentes
  set utilidadetotaldosagentes mean [utilidadetotal + utilidadeacumulada zdinheiro maxdinheiro
dinheiro] of agentes
  set utilidadesemdinheirodosagentes mean [utilidadetotal] of agentes
] [
  set produtividadeagentes 0
  set produtividade2agentes 0
  set produtividadecoletaagentes 0
  set organizacaoagentes 0
  set utilidadetotaldosagentes 0
  set utilidadesemdinheirodosagentes 0]

;; CRIA AGENTES CASO TENHA ATINGIDO A LATÊNCIA.
if agente? and ticks = latenciaagentes [
  create-agentes numerodeagentesi [
    definicao inicial
    set color white
    set size agentsize
    setxy random-xxcor random-ycor
  ]
]
;; conta os agentes
set numerodeagentes count agentes

;; Atualiza o referencial de proporção do dinheiro.
if any? agentes [
  set maxdinheiro (totaldinheiro / numerodeagentes) * multimaxdinheiro
]

;; Ação para ajustar os recursos, de acordo com adaptação do mundo das margaridas de Lovelock.
;; Esta ação poderia ser direta, mas foi otimizada para reduzir o processamento.
ask patches [

```

```

    set temperaturap ((temperatura + operadortemperaturap) / 2)
  ]

ask patches with [pcolor = 32 or pcolor = 3] [
  regenerarecursos
]

ask patches with [pcolor != 32 and pcolor != 3 and pcolor != blue] [
  matarecursos
  set idade idade - 1
]

;; Ajusta temperatura global
diffuse temperaturap 0.5 ;; As vizinhanças são influenciadas pelas temperaturas mútuas em uma ordem
de 50%.

set temperatura (3 * (mean [temperaturap] of patches) + (7 * (72 * LN(1 - albedoagua) + 80))) / 10
;; Considera um mundo formado por 70% de oceanos com partes da superfície congeladas.

;; ajusta variáveis dos links
ask linkssociais [
  set força (força - 1)
  ajustalinkssociais
]

;; Coordena ações dos agentes
ask agentes [
  set abertosocial false ;; Volta a posição de abertura social para fechado
  set age (age + 1) ;; Agente faz aniversário.
  gastaenergiabasal ;; Gasto basal de energia e demais recursos.
  acao ;; O agente poderá executar duas ações por turno, que poderão ser individuais ou uma delas
coorporativa.
  ajustamaximos
  if metabolitos >= (maxmetabolitos * 0.75) and energia >= maxenergia * 0.75 [ reproduzir ] ;;
Reproduzir se houver condições.
]

;; Coordena ações dos sistemas técnicos. A ordem é super importante para o ciclos de compra e
venda.;;
;; Antes de realizar a sua execução de custos a empresa deve realizar suas transações no mercado.
ask bancoscentrais [
  ifelse not latenciatrocas? or ticks >= latenciatrocas + latenciaagentes [
    efetivartransacoes
  ] [
    table:put precop1 ticks (table:get precop1 (ticks - 1))
    table:put precop2 ticks (table:get precop2 (ticks - 1))
    table:put precop3 ticks (table:get precop3 (ticks - 1))
    table:put precop4 ticks (table:get precop4 (ticks - 1))
    table:put precop5 ticks (table:get precop5 (ticks - 1))
  ]
]

ask bcs1 [
  if renegociar? [ ;; Executa a cada X ticks.
    renegociarsalarios
  ]
  set tempodevida tempodevida + 1
  ajustaalavancagemdeprodutividade
  abrepostos
  contratar
  executacustos
  if not any? my-in-linksspropriarios and not any? my-out-linkssorganizacionais [
    matarsistematecnico
  ]
]

ask bcs2 [
  if renegociar? [
    renegociarsalarios
  ]
  set tempodevida tempodevida + 1
  ajustaalavancagemdeprodutividade
  abrepostos
  contratar
  executacustos
  if not any? my-in-linksspropriarios and not any? my-out-linkssorganizacionais [
    matarsistematecnico
  ]
]

ask bcs3 [
  if renegociar? [
    renegociarsalarios
  ]
]

```

```

]
set tempodevida tempodevida + 1
ajustaaalavancagemdeprodutividade
abrepostos
contratar
executacustos
if not any? my-in-linksproprietarios and not any? my-out-linksorganizacionais [
  matarsistematecnico
]
]

;; Executa ações de fechamento e de fila. Devem ser feitas após as demais.
ask agentes [
  eliminalinksorganizacionais
  trocar ;; Executa trocas sociais
  if sistecnicos? and table:get inventario "plantal" >= custoabertura [ criasistematecnico ]
  morte ;; Agente morre se não tiver condições fisiológicas de continuar vivo.
]

;; Interrompe quando as rodadas atingem o objetivo.
if agente? and numerodeagentes <= 0 and ticks > latenciaagentes [
  beep
  stop
] ;; Para se todos os agentes tiverem morrido.
ifelse numeroderodadas != 0 [
  set concluido (ticks / numeroderodadas) * 100
] else ticks = numeroderodadas [
  beep
  stop
] [ tick ]
[ set concluido "INDEFINIDO"
  tick ;; Avança para o próximo período da simulação
end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Este procedimento de baseia em uma árvore de decisão que utiliza a utilidade de cada processo
como referência para o processo decisório.
;; O agente faz suas ações por turno. Se estiver vinculado a uma organização, faz uma
organizacional e uma própria.

to acao ;; Decide e Executa as ações do agente.
let repetir rodadasdeacao ;; Define para o número máximo de interações de escolha própria.
let quantinventario1 table:get inventario "produto1"
let quantinventario2 table:get inventario "produto2"
let quantinventario3 table:get inventario "plantal"
let quantinventario4 table:get inventario "planta2"
let quantinventario5 table:get inventario "planta3"

if any? my-in-linksorganizacionais or any? my-out-linksproprietarios [ ;; Se possui vínculo
executa ações da empresa.
set terrenoaoredor patches in-cone 10 360
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Processa as ordens da organização à qual o agente encontra-se ligado.;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
let empresa nobody
if any? my-out-linksproprietarios [
  set empresa one-of [end2] of my-out-linksproprietarios
]
if any? my-in-linksorganizacionais [
  set empresa one-of [end1] of my-in-linksorganizacionais
]

ifelse any? my-out-linkshierarquicos [ ;; Se a função for gerencial, é uma ação social.
interacaoocial
] [
  ;; Se não for gerente, realiza processos da empresa, mas apenas se ela estiver habilitada.
  ;; A habilitação necessita de 1 unidade de planta 1 por posto de trabalho.
  processarvinculado empresa
]
;; Se a empresa está habilitada, realiza - 1 ação própria, já que usou uma ação do turno com a
empresa.
;; Se não estiver, permite que o agente fique livre para fazer o que achar melhor no turno da
empresa..
set repetir repetir - 1
]

```

```

repeat repetir [
  set terrenoaoredor patches in-cone 10 360
  let itemdoterreno? 0 ;; Utilidade do nó "item do terreno".
  let comer? 0 ;; Utilidade do nó "comer".
  let interagir? 0 ;; Utilidade do nó "interagir".
  let colher? 0 ;; Utilidade do nó "colher".
  let processar? 0 ;; Utilidade do nó "processar".
  let adicionadagrao1 0
  let adicionadagrao2 0
  let adicionadaproduto1 0
  let adicionadaproduto2 0

  ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
  ;; Tratamento do primeiro nó "Item do Terreno". ;;
  ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
  ;; Define a utilidade adicionada ao comer o grão 1.
  if not limiteexploracao? or quantidadetotal1 > limiteexploracao [ ;; Se limite de exploração
existir é inútil
    set adicionadagrao1 (utilidadeadicionada zmetabolitos maxmetabolitos metabolitos
(metabolitos1 * 0.25)) + (utilidadeadicionada zenergia maxenergia energia ((1 - albedograo1) *
10))
    ]
    ;; Define a utilidade adicionada ao comer o grão 2.
    if not limiteexploracao? or quantidadetotal2 > limiteexploracao [ ;; Se limite de exploração
existir é inútil
      set adicionadagrao2 (utilidadeadicionada zmetabolitos maxmetabolitos metabolitos
(metabolitos2 * 0.5)) + (utilidadeadicionada zenergia maxenergia energia ((1 - albedograo2) *
5))
      ]
      ;; Define a preferência.
      ifelse adicionadagrao1 > adicionadagrao2 [ set itemdoterreno? adicionadagrao1 ] [ set
itemdoterreno? adicionadagrao2]

      ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
      ;; Tratamento do segundo nó "Comer";;
      ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
      ;; Define a utilidade adicionada ao comer o Produto 1. O produto 1 herda a energia do grão 1 e
zero de metabolitos.
      let adicionadacomerproduto1 0
      let adicionadacomerproduto2 0
      if quantinventario1 >= 1 [ ;; Caso haja produto 1 disponível, verifica a utilidade de comê-lo.
      ;; define a utilidade adicionada ao comer o produto 1. O produto 1 herda a energia do grão 1 e
zero de metabolitos.
      set adicionadacomerproduto1 ((utilidadeadicionada zenergia maxenergia energia energiapl) -
(utilidadeadicionada zsegurancal maxinventarioa (quantinventario1
- 1) (quantinventario1))) ]
      if quantinventario2 >= 1 [ ;; Caso haja produto 2 disponível, verifica a utilidade de comê-lo.
      ;; define a utilidade adicionada ao comer o produto 2. O produto 2 herda os metabólitos do
grão 2 e zero de energia.
      set adicionadacomerproduto2 ((utilidadeadicionada zmetabolitos maxmetabolitos metabolitos
metabolitosp2) - (utilidadeadicionada zseguranca2 maxinventarioa (quantinventario2
- 1) (quantinventario2))) ]
      ;; Este nó herda a preferência do nó "Item do Terreno" para avaliação juntamente com as demais
levantadas.
      ;; Define a preferência do nó "comer".
      if adicionadacomerproduto1 > adicionadacomerproduto2 and adicionadacomerproduto1 >
itemdoterreno? [ set comer? adicionadacomerproduto1 ]
      if adicionadacomerproduto2 > adicionadacomerproduto1 and adicionadacomerproduto2 >
itemdoterreno? [ set comer? adicionadacomerproduto2 ]
      if itemdoterreno? > adicionadacomerproduto1 and itemdoterreno? > adicionadacomerproduto2 [ set
comer? itemdoterreno? ]

      ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
      ;; Tratamento do terceiro nó "Processar";;
      ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
      let opcoesprocessamento terrenoaoredor
      let destinop nobody
      if produzirbens? [ ;; Verifica se produção está ativada.
      ;; Define a utilidade adicionada ao produzir item 1.
      if not limiteexploracao? or quantidadetotal1 > limiteexploracao [ ;; Se limite de exploração
existir é inútil
        set adicionadaproduto1 (utilidadeadicionada zsegurancal maxinventarioa quantinventario1
produtividades1) - (utilidadeadicionada zseguranca5 maxinventarioa (quantinventario5 -
produtividades1) quantinventario5);
        Removever utilidade perdida por uso do inventário
      ]
      if not limiteexploracao? or quantidadetotal1 > limiteexploracao [ ;; Se limite de exploração
existir é inútil

```

```

;; Define a utilidade adicionada ao produzir item 2.
set adicionadaproduto2 (utilidadeadicionada zseguranca2 maxinventarioa quantinventario2
produtividade2) -
( utilidadeadicionada zseguranca4 maxinventarioa (quantinventario4 -
produtividade2) quantinventario4 );; Remover utilidade perdida por uso do inventário
]
if any? opcoesprocessamento with [ pcolor = 42 ] and adicionadaproduto1 >= adicionadaproduto2
and quantinventario5 > produtividade1 [ ;; S6 computa se houver inventário de 5.
set processar? adicionadaproduto1
;; Define o destino mais próximo para colher.
set destinop min-one-of opcoesprocessamento with [ pcolor = 42 ] [ distance myself ]
]
if any? opcoesprocessamento with [ pcolor = 43 ] and adicionadaproduto2 > adicionadaproduto1 and
quantinventario4 > produtividade2 [ ;; S6 computa se houver inventário de 4.
set processar? adicionadaproduto2
;; Define o destino mais próximo para colher.
set destinop min-one-of opcoesprocessamento with [ pcolor = 43 ] [ distance myself ]
]
]

;;;;;;;;;;;;
;; Tratamento do quarto nó "Interagir";;
;;;;;;;;;;;;
set candidatos other agentes in-cone 30 360 ;; Seleciona candidatos para interação social
;; O agente avalia os candidatos. Mas ele possui informações incompletas sobre a
disponibilidade dos candidatos.
;; Ele pode buscar interagir e estimará poder interagir com , mas pode acabar interagindo com
outros candidatos disponíveis.
ifelse any? candidatos [
;; Escolhe o candidato estilo mais próximo, pois prefere se relacionar com quem é mais
parecido, e estima o que ganharia interagindo com ele.
let preferido min-one-of candidatos [ abs (estilo - [estilo] of myself) ]
let ganhosocialestimado (social + (maxforcasocial * 0.25 * (1 - (abs [estilo] of preferido -
estilo)) / 5))
;; Define a utilidade desta possível interação
set interagir? utilidadeadicionada zsocial maxsocial social ganhosocialestimado
] [
;; Se souber que não há ninguém similar por perto ele considera a utilidade desta ação como
ZERO.
set interagir? 0
]

;;;;;;;;;;;;
;; Tratamento do quinto nó "Coletar";;
;;;;;;;;;;;;
;; Quando não produzindo, o agente usa o ato de coletar como um equivalente de segurança.
;; construir uma toca, por exemplo.
let destinoc nobody
let opcoescoleta terrenoaoredor
;; Define a utilidade adicionada ao coletar item 1.
let adicionadaplanta1 (utilidadeadicionada zseguranca3 maxinventarioa quantinventario3
produtividadecoleta)
;; Define a utilidade adicionada ao coletar item 2.
let adicionadaplanta2 (utilidadeadicionada zseguranca4 maxinventarioa quantinventario4
produtividadecoleta)
;; Define a utilidade adicionada ao coletar item 3.
let adicionadaplanta3 (utilidadeadicionada zseguranca5 maxinventarioa quantinventario5
produtividadecoleta)

if any? opcoescoleta with [ pcolor = 51 ] and adicionadaplanta1 >= adicionadaplanta2 and
adicionadaplanta1 >= adicionadaplanta3 [
set colher? adicionadaplanta1
;; Define o destino mais próximo para colher.
set destinoc min-one-of opcoescoleta with [ pcolor = 51 ] [ distance myself ]
]
if any? opcoescoleta with [ pcolor = 52 ] and adicionadaplanta2 > adicionadaplanta1 and
adicionadaplanta2 > adicionadaplanta3 [
set colher? adicionadaplanta2
;; Define o destino mais próximo para colher.
set destinoc min-one-of opcoescoleta with [ pcolor = 52 ] [ distance myself ]
]
if any? opcoescoleta with [ pcolor = 53 ] and adicionadaplanta3 > adicionadaplanta1 and
adicionadaplanta3 > adicionadaplanta2 [
set colher? adicionadaplanta3
;; Define o destino mais próximo para colher.
set destinoc min-one-of opcoescoleta with [ pcolor = 53 ] [ distance myself ]
]
]

```

```

;;;;;;;;;;;;
;; Cria resposta fisiológica ao risco de vida. "MOD0 DESESPERO".;;
;;;;;;;;;;;;

;; Esta proteção faz com que o agente priorize sua sobrevivência em caso de ter um conjunto
muito grande de necessidades zeradas.
;; Isso poderia colocar em risco sua sobrevivência, pois ele deixaria de agir em busca de se
alimentar.
;; Se os níveis de energia ou metabólitos estiverem abaixo de 10%, prioriza comer. Trata de uma
resposta homeostática para preservar a vida.
if metabolitos <= (0.1 * maxmetabolitos) or energia <= (0.1 * maxenergia) [
set interagir? 0 ;; Utilidade do nó "interagir".
set colher? 0 ;; Utilidade do nó "colher".
set processar? 0 ;; Utilidade do nó "processar".
]

;;;;;;;;;;;;
;; Define a ação do agente no turno.;;
;;;;;;;;;;;;

;; Se comer é a preferência. Comer tem sempre prioridade em caso de igualdade.
if comer? >= interagir? and comer? >= colher? and comer? >= processar? [
ifelse itemdoterreno? > adicionadacomerproduto1 and itemdoterreno? > adicionadacomerproduto2
[
;; Come diretamente do Terreno. Esta função já importa a utilidade computada neste
procedimento e busca o terreno que gera maior utilidade.
comerdireto adicionadagrao1 adicionadagrao2
] [
;; Se comer do terreno não for a melhor ideia, consome um item do inventário.
comer adicionadacomerproduto1 adicionadacomerproduto2
]
]

;; Se interagir é a preferência
if interagir? > comer? and interagir? > colher? and interagir? > processar? [
interacaosocial
]

;; Se colher é a preferência
if colher? > comer? and colher? > interagir? and colher? > processar? [
coletar destinoc
]

;; Se processar é a preferência
if processar? > comer? and processar? > colher? and processar? > interagir? [
processarpessoal destinop
]

]
end

;;;;;;;;;;;;
;; Funções específicas para matar os recursos naturais ;;
;;;;;;;;;;;;
;; Procedimento para morte natural
;; As funções deste procedimento não matam o recurso de imediato, há um amortecimento representado
por uma chance de 50% de morte do mesmo,
;; quando fora da temperatura definida. Este amortecimento colabora para a estabilidade do sistema
que deixa de viver grandes surtos
;; de temperatura, além de ser mais realista.
to matarecursos
let operadordeidade 0
let fora? true ;; alterar se ativar novamente

if temperaturap >= (temperaturaideal pcolor + limites) and temperaturap <= (temperaturaideal
pcolor - limites) [ set fora? false ]
if not fora? or idade <= 0 [
if temperaturap <= 0 [set pcolor 3]
if temperaturap > 0 [set pcolor 32]
set idade 0
]
ajustatemperaturapatches
end
;; Procedimento para morte por intervenção dos agentes.
to matarecursosdireto

```

```

    if temperaturap <= 0 [set pcolor 3]
    if temperaturap > 0 [set pcolor 32]
    set idade 0
    ajustatemperaturapatches
end

;;;;;;;;;;;;
;; Regenera recursos de acordo com a temperatura do local.;;
;;;;;;;;;;;;

to regenerarecursos
  let operadordecrecimento 0
  let dentro? false
  ifelse semente = 0 [
    let semeador one-of neighbors4 with [pcolor = 42 or pcolor = 43 or pcolor = 51 or pcolor = 52 or
pcolor = 53] ;; seleciona um dos vizinhos para semear o patch.

    if semeador != nobody [ ;; Se houver alguém para semear inicia as verificações.
      if [pcolor] of semeador = 42 [
        set operadordecrecimento int (random-normal ((1 - albedograo1) * 5) (1 - albedograo1)) ] ;;
        Ajusta taxa de crescimento baseado 1/4 da energia, com desvio padrão do albedo.
      if [pcolor] of semeador = 43 [
        set operadordecrecimento int (random-normal ((1 - albedograo2) * 5) (1 - albedograo2)) ] ;;
        Ajusta taxa de crescimento baseado 1/4 da energia, com desvio padrão do albedo.
      if [pcolor] of semeador = 51 [
        set operadordecrecimento int (random-normal ((1 - albedoplanta1) * 5) (1 - albedoplanta1)) ]
      ;; Ajusta taxa de crescimento baseado 1/4 da energia, com desvio padrão do albedo.
      if [pcolor] of semeador = 52 [
        set operadordecrecimento int (random-normal ((1 - albedoplanta2) * 5) (1 - albedoplanta2)) ]
      ;; Ajusta taxa de crescimento baseado 1/4 da energia, com desvio padrão do albedo.
      if [pcolor] of semeador = 53 [
        set operadordecrecimento int (random-normal ((1 - albedoplanta3) * 5) (1 - albedoplanta3)) ]
      ;; Ajusta taxa de crescimento baseado 1/4 da energia, com desvio padrão do albedo.

      ;; Se a temperatura local for adequada, de acordo com a probabilidade dada pela curva normal,
      semeia o território.
      ;; Ajusta o desvio padrão em 30% da temperatura ideal Dentro dos limites, a planta possui 68,2%
      de chance de semear.
      let testenormal random-normal temperaturaideal [pcolor] of semeador ajustalimites [pcolor] of
semeador
      if testenormal >= temperaturaideal [pcolor] of semeador and testenormal >= temperaturap [ set
dentro? true ]
      if testenormal < temperaturaideal [pcolor] of semeador and testenormal <= temperaturap [ set
dentro? true ]
      if dentro? [
        set semente [pcolor] of semeador
        set crescimentop operadordecrecimento
      ]
    ] [
      ifelse crescimentop <= 0 [
        ;; Nasce a planta com a semente determinada.
        set pcolor semente
        set semente 0 ;; Zera semente (pasto novo)
        set crescimentop 0 ;; Zera crescimento (não está mais em uso).
        ;; ajusta idade que a planta irá viver.
        if pcolor = 42 [
          set idade int (random-normal (((1 - albedograo1) * 10) ^ 2) ((1 - albedograo1) * 5)) / 2
        ]
        if pcolor = 43 [
          set idade int (random-normal (((1 - albedograo2) * 10) ^ 2) ((1 - albedograo2) * 5)) / 2
        ]
        if pcolor = 51 [
          set idade int (random-normal (((1 - albedoplanta1) * 10) ^ 2) ((1 - albedoplanta1) * 5)) / 2
        ]
        if pcolor = 52 [
          set idade int (random-normal (((1 - albedoplanta2) * 10) ^ 2) ((1 - albedoplanta2) * 5)) / 2
        ]
        if pcolor = 53 [
          set idade int (random-normal (((1 - albedoplanta3) * 10) ^ 2) ((1 - albedoplanta3) * 5)) / 2
        ]
        ;; Ajusta temperatura base à nova realidade do Patch.
        ajustatemperaturapatches
        ;; Ajusta limites de sobrevivência à nova realidade do Patch
        set limites (random-normal temperaturaideal pcolor ajustalimites pcolor) - temperaturaideal

pcolor

        if limites < 0 [ set limites (limites * -1) ]
      ] [
        set crescimentop (crescimentop - 1)
      ]
    ]
  ]
end

```

Apêndice A – Algoritmo do modelo para Netlogo 5.1.0

```

]
end

;;;;;;;;;;;;
;; Procedimento para ajustar a temperatura dos Patches ;;
;;;;;;;;;;;;

to ajustatemperaturapatches
  if pcolor = 32 [set operadortemperaturap (72 * LN(1 - albedoterra) + 80)]
  if pcolor = 42 [set operadortemperaturap (72 * LN(1 - albedograo1) + 80)]
  if pcolor = 43 [set operadortemperaturap (72 * LN(1 - albedograo2) + 80)]
  if pcolor = 51 [set operadortemperaturap (72 * LN(1 - albedoplanta1) + 80)]
  if pcolor = 52 [set operadortemperaturap (72 * LN(1 - albedoplanta2) + 80)]
  if pcolor = 53 [set operadortemperaturap (72 * LN(1 - albedoplanta3) + 80)]
  if pcolor = 3 [set operadortemperaturap (72 * LN(1 - albedogelo) + 80)]
  if pcolor = blue [set operadortemperaturap (72 * LN(1 - albedoagua) + 80)]
end

;;;;;;;;;;;;
;; Procedimento para ajustar limites ;;
;;;;;;;;;;;;
to-report ajustalimites [x]
  let desvpad 0
  if x = 42 [
    set desvpad temperaturaideal x * albedograo1
  ]
  if x = 43 [
    set desvpad temperaturaideal x * albedograo2 / 1.5
  ]
  if x = 51 [
    set desvpad temperaturaideal x * albedoplanta1 * 1.15
  ]
  if x = 52 [
    set desvpad temperaturaideal x * albedoplanta2
  ]
  if x = 53 [
    set desvpad temperaturaideal x * albedoplanta3 / 1.15
  ]
  report desvpad
end

;;;;;;;;;;;;
;; Procedimento para ajustar temperatura ideal;;
;;;;;;;;;;;;
to-report temperaturaideal [x]
  let ti 0
  let media (albedograo1 + albedograo2 + albedoplanta1 + albedoplanta2 + albedoplanta3) / 5
  ;; Ajusta correções
  let corretor1 (media - albedograo1) / 100
  let corretor2 (media - albedograo2) / 100
  let corretor3 (media - albedoplanta1) / 100
  let corretor4 (media - albedoplanta2) / 100
  let corretor5 (media - albedoplanta3) / 100

  if x = 42 [
    set ti (((72 * LN(1 - albedograo1) + 80) + tempbase) / 2)
  ]
  if x = 43 [
    set ti (((72 * LN(1 - albedograo2) + 80) + tempbase) / 2)
  ]
  if x = 51 [
    set ti (((72 * LN(1 - albedoplanta1) + 80) + tempbase) / 2)
  ]
  if x = 52 [
    set ti (((72 * LN(1 - albedoplanta2) + 80) + tempbase) / 2)
  ]
  if x = 53 [
    set ti (((72 * LN(1 - albedoplanta3) + 80) + tempbase) / 2)
  ]
  report ti

end

;;;;;;;;;;;;
;; Procedimento de COLETA DE MATERIAIS ;;
;;;;;;;;;;;;

```

```

;;;;;;;;;;;;;

to coletar [ destino ]
  let quantinventario1 table:get inventario "plantal"
  let quantinventario2 table:get inventario "planta2"
  let quantinventario3 table:get inventario "planta3"

  ifelse destino != nobody [

    ;; Se movimenta até o destino encontrado.
    face destino
    set movimento distance destino
    gastarenergiamovimento
    fd movimento

    if pcolor = 51 [
      ifelse (quantinventario1 + produtividadecoleta) > maxinventarioa and limitedeinventario? [
        table:put inventario "plantal" maxinventarioa ;; Ajusta para o máximo armazenável
      ] [
        table:put inventario "plantal" (quantinventario1 + produtividadecoleta) ;; Ajusta para total
      ]
      abaixo do máximo
    ]

    ask patch-here [
      set idade 0
      matarecursos
    ]
    set produtividadecoleta produtividadecoleta * (1 + random-float (aprendizadoexp / 1000)) ;; O
    agente aprende quando faz.
  ]

  if pcolor = 52 [
    ifelse (quantinventario2 + produtividadecoleta) > maxinventarioa and limitedeinventario? [
      table:put inventario "planta2" maxinventarioa ;; Ajusta para o máximo armazenável
    ] [
      table:put inventario "planta2" (quantinventario2 + produtividadecoleta) ;; Ajusta para total
    ]
    abaixo do máximo
  ]

  ask patch-here [
    set idade 0
    matarecursos
  ]
  set produtividadecoleta produtividadecoleta * (1 + random-float (aprendizadoexp / 1000)) ;; O
  agente aprende quando faz
]

if pcolor = 53 [
  ifelse (quantinventario3 + produtividadecoleta) > maxinventarioa and limitedeinventario? [
    table:put inventario "planta3" maxinventarioa ;; Ajusta para o máximo armazenável
  ] [
    table:put inventario "planta3" (quantinventario3 + produtividadecoleta) ;; Ajusta para total
  ]
  abaixo do máximo
]

ask patch-here [
  set idade 0
  matarecursos
]
set produtividadecoleta produtividadecoleta * (1 + random-float (aprendizadoexp / 1000)) ;; O
agente aprende quando faz.
]

] [
  ;; Se não encontra nenhum destino, vaga pelo cenário.
  moverrandomico
]
end

;;;;;;;;;;;;;
;; Procedimento de PROCESSAMENTO VINCULADO de PRODUTOS;;
;;;;;;;;;;;;;

to processarvinculado [ empresa ]

  ;; Variáveis que serão usadas no processamento.
  let contagemdecontratados count [my-out-linksorganizacionais] of empresa + count [my-in-
linksproprietais] of empresa
  let opcoesprocessamento terrenoaoredor
  let contagemdoterreno 0

  ;;;;;;;;;;;;;;

```

```

;; INSTRUÇÕES DE PROCESSAMENTO PARA EMPRESAS TIPO 1;;
;;;;;;;;;;;;;

if [breed] of empresa = bcs1 [
  set contagemdoterreno count opcoesprocessamento with [pcolor = 42] ;; verifica o número de
  matérias primas no terreno.
  ;; Se a empresa tem níveis de estoque e disponibilidade de matéria prima no terreno executa a
  produção.
  ifelse any? opcoesprocessamento with [ pcolor = 42 ] and [table:get inventario "planta3"] of
  empresa >= produtividade1 and
  ( not limiteexploracao? or quantidadetotal1 > limiteexploracao ) [
    let destino min-one-of opcoesprocessamento with [ pcolor = 42 ] [ distance myself ]
    face destino
    set movimento distance destino
    gastarenergiamovimentovinculado
    fd movimento
    ask empresa [ ;; A produção é baseada na produtividade multiplicada pelo potencializador da
    empresa.
      table:put inventario "produto1" ((table:get inventario "produto1") + ([produtividade1] of
myself * [multiprodutividade] of empresa))
      table:put inventario "planta3" ((table:get inventario "planta3") - [produtividade1] of
myself)
    ]
    ask patch-here [
      matarecursosdireto
    ]
    set produtividade1 produtividade1 * (1 + random-float (aprendizadoexp / 100)) ;; O agente
    aprende quando faz.
  ]

  ][ ;; Caso não seja possível processar o padrão.
  ifelse semear? and (contagemdoterreno / count opcoesprocessamento) < 0.1 [ ;; Se em falta
  opções de processamento no terreno, semear.
  ;; Planta sementes de acordo com a produtividade do sistema técnico.
  repeat int [multiprodutividade] of empresa [
    ask neighbors4 [ ;; Planta semente do grão 1 em toda a vizinhança de von-newman.
      matarecursosdireto
      set semente 42
      set crescimento int (random-normal ((1 - albedograol) * 2) (1 - albedograol))
    ]
    set movimento 3
    fd movimento
    gastarenergiamovimentovinculado
  ]
]

][ ;; Caso não seja necessário plantar a semente, ou a função esteja desativada, colhe para
o inventário.
  if any? opcoesprocessamento with [ pcolor = 53 ] [ ;; Protege o código de erro caso não
  haja opções.
    let destino min-one-of opcoesprocessamento with [ pcolor = 53 ] [ distance myself ]
    face destino
    set movimento distance destino
    gastarenergiamovimentovinculado
    fd movimento
    ask empresa [
      table:put inventario "planta3" ((table:get inventario "planta3") +
[produtividadecoleta] of myself)
    ]
    ask patch-here [
      matarecursosdireto
    ]
    set produtividadecoleta produtividadecoleta * (1 + random-float (aprendizadoexp / 1000)) ;;
    O agente aprende quando faz, mas apenas 1/3.
  ]
]

]

];;;;;;;;;;;;;;
;; INSTRUÇÕES DE PROCESSAMENTO PARA EMPRESAS TIPO 2;;
;;;;;;;;;;;;;

if [breed] of empresa = bcs2 [
  set contagemdoterreno count opcoesprocessamento with [pcolor = 43] ;; verifica o número de
  matérias primas no terreno.
  ;; Se a empresa tem níveis de estoque e disponibilidade de matéria prima no terreno executa a
  produção.
  ifelse any? opcoesprocessamento with [ pcolor = 43 ] and [table:get inventario "planta2"] of
  empresa >= produtividade2 and
  ( not limiteexploracao? or quantidadetotal2 > limiteexploracao ) [
    let destino min-one-of opcoesprocessamento with [ pcolor = 43 ] [ distance myself ]
    face destino
    set movimento distance destino
    gastarenergiamovimentovinculado
  ]
]

```

```

      fd movimento
      ask empresa [ ;; A produção é baseada na produtividade multiplicada pelo potencializador da
empresa.
      table:put inventario "produto2" ((table:get inventario "produto2") + ([produtividade2] of
myself * [multiprodutividade] of empresa))
      table:put inventario "planta2" ((table:get inventario "planta2") - [produtividade2] of
myself)
    ]
    ask patch-here [
      matarecursosdireto
    ]
    set produtividade2 produtividade2 * (1 + random-float (aprendizadoexp / 100)) ;; O agente
aprende quando faz.

    ][ ;; Caso não seja possível processar o padrão.
    ifelse semear? and contagemdoterreno / count opcoesprocessamento < 0.1 [ ;; Se em falta
opções de processamento no terreno, semear.
      ;; Planta sementes de acordo com a produtividade do sistema técnico.
      repeat int ([multiprodutividade] of empresa [
        ask neighbors4 [ ;; Planta semente do grão 2.
          matarecursosdireto
          set semente 43
          set crescimentop int (random-normal ((1 - albedograo2) * 5) (1 - albedograo2))
        ]
        set movimento 3
        fd movimento
        gastarenergiamovimentovinculado
      ]

o inventário.
    ][ ;; Caso não seja necessário plantar a semente, ou a função esteja desativada, colhe para
haja opções.
    let destino min-one-of opcoesprocessamento with [ pcolor = 52 ] [ distance myself ]
    face destino
    set movimento distance destino
    gastarenergiamovimentovinculado
    fd movimento
    ask empresa [
      table:put inventario "planta2" ((table:get inventario "planta2") +
[produtividadecoleta] of myself)
    ]
    ask patch-here [
      matarecursosdireto
    ]
    set produtividadecoleta produtividadecoleta * (1 + random-float (aprendizadoexp / 1000))
;; O agente aprende quando faz, mas menos.
    ]
  ]

  ;;;;;;;;;;;;;;
  ;; INSTRUÇÕES DE PROCESSAMENTO PARA EMPRESAS TIPO 3;;
  ;;;;;;;;;;;;;;

  if [breed] of empresa = bcs3 [

    ;; Colhe e semeia enquanto colhe para recuperar as florestas. Busca manter o dobro de plantas
1 no inventário.
    ifelse count opcoesprocessamento with [ pcolor = 51 or pcolor = 52 or pcolor = 53 ] >
[multiprodutividade] of empresa [
      ;; Neste caso o multiplicador aumenta a área explorada e não a eficiência no uso de matéria
prima.
      repeat int ([multiprodutividade] of empresa [
        let destino min-one-of opcoesprocessamento with [ pcolor = 51 or pcolor = 52 or pcolor = 53
] [ distance myself ]

        face destino
        set movimento distance destino
        gastarenergiamovimentovinculado
        fd movimento

        if [pcolor] of patch-here = 51 [
          ask empresa [ ;; Neste caso a produtividade de coleta do agente aumenta o aproveitamento,
como na coleta pessoal.
          table:put inventario "plantal" ((table:get inventario "plantal") +
([produtividadecoleta] of myself))
        ]
        ask patch-here [
          matarecursosdireto
        ]
      ]
    ]
  ]

```

Apêndice A – Algoritmo do modelo para Netlogo 5.1.0

```

      set produtividadecoleta produtividadecoleta * (1 + random-float (aprendizadoexp / 1000))
;; O agente aprende quando faz.
    ]

    if [pcolor] of patch-here = 52 [
      ask empresa [ ;; Neste caso a produtividade de coleta do agente aumenta o aproveitamento,
como na coleta pessoal.
      table:put inventario "planta2" ((table:get inventario "planta2") +
([produtividadecoleta] of myself))
    ]
    ask patch-here [
      matarecursosdireto
    ]
    set produtividadecoleta produtividadecoleta * (1 + random-float (aprendizadoexp / 1000))
;; O agente aprende quando faz.
  ]

  if [pcolor] of patch-here = 53 [
    ask empresa [ ;; Neste caso a produtividade de coleta do agente aumenta o aproveitamento,
como na coleta pessoal.
    table:put inventario "planta3" ((table:get inventario "planta3") +
([produtividadecoleta] of myself))
  ]
  ask patch-here [
    matarecursosdireto
  ]
  set produtividadecoleta produtividadecoleta * (1 + random-float (aprendizadoexp / 1000))
;; O agente aprende quando faz.
  ]

  if semear? [ ;; Sempre semeia quando a função de semear está ativada. ;; Como a planta 1 é
menos usada, processa menos delas.
    ifelse count terrenoaoredor with [pcolor = 51] <= count terrenoaoredor with [pcolor = 52] *
2 or
    count terrenoaoredor with [pcolor = 51] <= count terrenoaoredor with [pcolor = 53] * 2 [
      ask patch-here [
        set semente 51
        set crescimentop int (random-normal ((1 - albedoplantal) * 5) (1 - albedoplantal))
      ]
    ] [ ifelse count terrenoaoredor with [pcolor = 52] < count terrenoaoredor with [pcolor = 53]
[
      ask patch-here [
        set semente 52
        set crescimentop int (random-normal ((1 - albedoplanta2) * 5) (1 - albedoplanta2))
      ]
    ] [
      ask patch-here [
        set semente 53
        set crescimentop int (random-normal ((1 - albedoplanta3) * 5) (1 - albedoplanta3))
      ]
    ]
  ]

  ][
  ] [ ;; Caso não seja possível processar o padrão, planta sementes com maior eficiência.
  if semear? [
    repeat int ([multiprodutividade] of empresa) [ ;; Planta sementes quando não há.
      set movimento 3
      fd movimento
      gastarenergiamovimentovinculado
      ask neighbors4 [
        matarecursosdireto
      ]
    ]
    ifelse count terrenoaoredor with [pcolor = 51] * 2 <= count terrenoaoredor with [pcolor =
52] or
    count terrenoaoredor with [pcolor = 51] <= count terrenoaoredor with [pcolor = 53] [
      ask neighbors4 [
        set semente 51
        set crescimentop int (random-normal ((1 - albedoplantal) * 5) (1 - albedoplantal))
      ]
    ] [ ifelse count terrenoaoredor with [pcolor = 52] < count terrenoaoredor with [pcolor = 53]
[
      ask neighbors4 [
        set semente 52
        set crescimentop int (random-normal ((1 - albedoplanta2) * 5) (1 - albedoplanta2))
      ]
    ] [
      ask neighbors4 [
        set semente 53
        set crescimentop int (random-normal ((1 - albedoplanta3) * 5) (1 - albedoplanta3))
      ]
    ]
  ]
  ]

```

```

    ]]
  }
]]
end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Procedimento de PROCESSAMENTO Pessoal de PRODUTOS;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

to processarpessoal [ destino ]

  ifelse destino != nobody [ ;; protege de erros.

    let quantinventario1 table:get inventario "produto1"
    let quantinventario2 table:get inventario "produto2"
    let quantinventario3 table:get inventario "planta2"
    let quantinventario4 table:get inventario "planta3"

    ;; Se movimenta até o destino encontrado.
    face destino
    set movimento distance destino
    gastarenergiamovimento
    fd movimento

    if pcolor = 42 and quantinventario4 > produtividade1 [
      ifelse (quantinventario1 + produtividade1) > maxinventarioa and limitedeinventario? [
        table:put inventario "produto1" maxinventarioa ;; Ajusta para o máximo armazenável
      ] [
        table:put inventario "produto1" (quantinventario1 + produtividade1) ;; Ajusta para total
        abaixo do máximo
      ]
      table:put inventario "planta3" (quantinventario4 - produtividade1) ;; Gasta material do
      inventário.

      ask patch-here [
        set idade 0
        matarecursos
      ]
      set produtividade1 produtividade1 * (1 + random-float (aprendizadoexp / 100)) ;; O agente
      aprende quando faz.
    ]

    if pcolor = 43 and quantinventario3 > produtividade2 [
      ifelse (quantinventario2 + produtividade2) > maxinventarioa and limitedeinventario? [
        table:put inventario "produto2" maxinventarioa ;; Ajusta para o máximo armazenável
      ] [
        table:put inventario "produto2" (quantinventario2 + produtividade2) ;; Ajusta para total
        abaixo do máximo
      ]
      table:put inventario "planta2" (quantinventario3 - produtividade2) ;; Gasta material do
      inventário.

      ask patch-here [
        set idade 0
        matarecursos
      ]
      set produtividade2 produtividade2 * (1 + random-float (aprendizadoexp / 100)) ;; O agente
      aprende quando faz.
    ]

    [
      ;; Se não encontra nenhum destino, vaga pelo cenário.
      moverrandomico
    ]
  ]
end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Procedimento de mover agentes ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

to moverrandomico ;; mover agentes em comportamento básico de migração.
  set movimento random 10 ;; Define o movimento do agente.
  ifelse patch-ahead movimento = nobody or [pcolor] of patch-ahead movimento = blue [
    rt 180
  ] [
    rt random 60
    lt random 60
  ]
  gastarenergiamovimento

```

```

    fd movimento
  end

  ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
  ;; Procedimento de consumo de recursos dos agentes ;;
  ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

  ;; consumo pelo movimento.
  to gastarenergiamovimento
    set energia (energia - (maxenergia * (genergia / 100) * movimento)) ;; Desconta energia pelo
    movimento. O percentual basal, por unidade de deslocamento.
  end

  ;; Consumo pelo movimento vinculado
  to gastarenergiamovimentovinculado
    set energia (energia - ((maxenergia * (genergia / 100) * movimento) / 2)) ;; Desconta energia
    pelo movimento. Metade do normal, pois há benefício de vínculo no sistema técnico.
  end

  ;; consumo basal de recursos
  to gastaenergiabasal
    ifelse social < 1 [ ;; Ajusta o nível social do agente se menor que 1, ficará zero.
      set social 0 ] [
        set social (social - 1)
      ]
    ;; Consumo basal de energia considerando relação massa x área ( P = A ^ (2/3) ) e o sofrimento
    pela idade do indivíduo.
    ;; Com este consumo basal, o indivíduo dura no máximo pouco mais de 70 turnos.
    set energia (energia - ((maxenergia ^ (2 / 3)) * ((genergia + age) / 100)))
    set metabolitos (metabolitos - maxmetabolitos * (genergia / 100))
  end

  ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
  ;; Procedimento de reprodução (AGENTES) ;;
  ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

  to reproduzir
    if random-float 100 >= dreproduce and not limitereproducao? or numerodeagentes <=
    limitereproducao [
      ;; Leva em consideração o percentual de chance de reproduzir.
      set energia (energia / 2) ;; Divide a energia entre ambos os agentes.
      set metabolitos (metabolitos / 2) ;; Divide os metabólitos entre ambos os agentes.
      set reproducao maxreproducao ;; Necessidade completamente satisfeita.

      hatch 1 [ ;; Reproduz
        set pai myself ;;ajusta o pai
        rt random-float 360 fd 1 ;; Move o filho.
        if mutacao? [
          mutacao ;; Inclui mutações no descendente.
        ]
        ;; Zera Inventário. Se houver herança será tratada na morte.
        set inventario table:make
        table:put inventario "produto1" 0
        table:put inventario "produto2" 0
        table:put inventario "planta1" 0
        table:put inventario "planta2" 0
        table:put inventario "planta3" 0
        set dinheiro 0
        set age 0 ;; Mostra que é um agenet novo.
        ;; Compartilha um percentual do aprendizado do pai com base em uma distribuição normal com:
        ;; média sendo a subtracao de 2 desvios e desviopadrão a 2 * a taxa de mutação em relação à
        produtividade do pai.
      ]
      ;; Obs: Talvez valha a pena pensar na possibilidade de permitir a formação de um número diferente
      de filhotes, neste caso seria ideal trabalhar melhor a mutação.

    ]
  end

  ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
  ;; Procedimentos para criação dos sistemas técnicos;;
  ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

  to criasistematecnico
    let limitededinhieiro maxdinheiro

```

```

;; Avalia os requisitos para criar o tipo 1, que produz o produto 1. O agente deve ser
especialista para criar e ter material para transferir para o inventário da empresa.
if not any? my-out-linksproprietarios and not any? my-in-linksortorganizacionais and table:get
inventario "plantal" > custoabertura and
table:get inventario "planta3" > custoabertura / 5 and dinheiro > limiteded dinheiro / 2 and
produtividade1 > produtividade2 and
produtividade1 > produtividadecoleta and organizacao >= 2 [
hatch-bcs1 1 [
set color magenta
set size agentsize * 1.8
setxy [xcor] of myself [ycor] of myself
set multiprodutividade [organizacao] of myself
set inventario table:make
table:put inventario "produto1" 0
table:put inventario "plantal" custoabertura / 5
table:put inventario "planta3" custoabertura / 5
set dinheiro limiteded dinheiro / 2
set postos 1
set custoacumulado 0
set tempodevida 0
create-linkproprietario-from myself [
set color orange
]
]
table:put inventario "plantal" table:get inventario "plantal" - custoabertura
table:put inventario "planta3" table:get inventario "planta3" - custoabertura / 5
set dinheiro dinheiro - limiteded dinheiro / 2
]

;; Avalia os requisitos para criar o tipo 2, que produz o produto 2. O agente deve ser
especialista para criar e ter material para transferir para o inventário da empresa.
if not any? my-out-linksproprietarios and not any? my-in-linksortorganizacionais and table:get
inventario "plantal" > custoabertura and
table:get inventario "planta2" > custoabertura / 5 and dinheiro > limiteded dinheiro / 2 and
produtividade2 > produtividade1 and
produtividade2 > produtividadecoleta and organizacao >= 2 [
hatch-bcs2 1 [
set color pink
set size agentsize * 1.8
setxy [xcor] of myself [ycor] of myself
set multiprodutividade [organizacao] of myself
set inventario table:make
table:put inventario "produto2" 0
table:put inventario "plantal" custoabertura / 5
table:put inventario "planta2" custoabertura / 5
set dinheiro limiteded dinheiro / 2
set postos 1
set custoacumulado 0
set tempodevida 0
create-linkproprietario-from myself [
set color orange
]
]
table:put inventario "plantal" table:get inventario "plantal" - custoabertura
table:put inventario "planta2" table:get inventario "planta2" - custoabertura / 5
set dinheiro dinheiro - limiteded dinheiro / 2
]

;; Avalia os requisitos para criar o tipo 3, que coleta plantas. O agente deve ser especialista
para criar e ter material para transferir para o inventário da empresa.
if not any? my-out-linksproprietarios and not any? my-in-linksortorganizacionais and table:get
inventario "plantal" > custoabertura and
dinheiro > limiteded dinheiro / 2 and produtividade1 > produtividade2 and produtividadecoleta >
produtividade1 and
produtividadecoleta > produtividade2 and organizacao >= 2 [
hatch-bcs3 1 [
set color sky
set size agentsize * 1.8
setxy [xcor] of myself [ycor] of myself
set multiprodutividade [organizacao] of myself
set inventario table:make
table:put inventario "plantal" custoabertura / 5
table:put inventario "planta2" 0
table:put inventario "planta3" 0
set dinheiro limiteded dinheiro / 2
set postos 1
set custoacumulado 0
set tempodevida 0
create-linkproprietario-from myself [
set color orange
]
]
]

```

Apêndice A – Algoritmo do modelo para Netlogo 5.1.0

```

;; O agente mantém seus inventários das plantas 2 e 3.
table:put inventario "plantal" table:get inventario "plantal" - custoabertura
set dinheiro dinheiro - limiteded dinheiro / 2
]

end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Executar custos das empresas;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

to executacustos
;; Paga funcionários e proprietários, estes últimos só recebem se houver lucro.
pagarfuncionarios
pagarproprietario
end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Ajusta a alavancagem produtiva, de acordo com o potencial da cadeia de comando;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

to ajustaalavancagemdeprodutividade

let colaboradores agentes with [ in-linkorganizacional-neighbor? myself or out-linkproprietario-
neighbor? myself ]
let cadeiacomando colaboradores with [ any? my-out-linkshierarquicos or any? my-out-
linksproprietarios ]
if any? cadeiacomando [
set multiprodutividade mean [organizacao] of cadeiacomando
]

end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Abre postos de trabalho na empresa;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

to abrepostos
let contagemdecontratados count my-out-linksortorganizacionais
;; Verifica se a empresa possui disponibilidade de recursos para contratar.
let disponibilidadederecursos table:get inventario "plantal"
let disponibilidadededinheiro dinheiro
let mediasalarios 1 ;; Um porque é neutro na multiplicação.
;; A empresa só abre um novo posto de trabalho se tiver reserva para pagamento de salários de 2
períodos.
;; A empresa também só abre um novo posto de trabalho se estiver precisando.
if any? my-out-linksortorganizacionais [
set mediasalarios (mean [salario] of my-out-linksortorganizacionais)
]
if disponibilidadederecursos >= custoabertura and disponibilidadededinheiro >=
((contagemdecontratados + 1) * mediasalarios * 2) and
contagemdecontratados >= postos [
;; Paga o custo de abrir um novo posto de trabalho.
table:put inventario "plantal" (disponibilidadederecursos - custoabertura)
set postos postos + 1 ;; Amplia os postos de trabalho.
]
end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Contratar agentes para trabalho na organização;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
to contratar
;; Começa o processo de contratação.
if any? my-in-linksproprietarios or any? my-out-linksortorganizacionais [ ;; Tem que ter alguém
vinculado p/ contratar.
;; Define a empresa à qual está vinculado o agente.
let empresa self
;; Verifica se a empresa possui disponibilidade de postos de trabalho para contratar.
let contagemdecontratados count my-out-linksortorganizacionais
let disponibilidedepostos postos - contagemdecontratados
;; Se houver postos de trabalho, inicia a contratação do agente.
if disponibilidedepostos >= 1 [
let preferido nobody
;; Define o melhor superior hierarquico disponível

```



```

let possiveissuperiores agentes with [ in-linkorganizacional-neighbor? empresa or out-
linkproprietario-neighbor? empresa ]
;; Selecciona o melhor que já tenha contratados. (Otimiza hierarquia.
let superiordisponivel max-one-of possiveissuperiores with [count my-out-linkshierarquicos
+ 1 <= organizacao and organizacao >= 2 and count my-out-linkshierarquicos >= 1 ] [ organizacao ]
;; Caso não tenha ninguém com contratados, abre novo ramo, com o melhor contratante
possível na rede.
if not is-agent? superiordisponivel [
set superiordisponivel max-one-of possiveissuperiores with [count my-out-
linkshierarquicos + 1 <= organizacao and organizacao >= 2 ] [ organizacao ]
]
;; verifica se há pleiteantes à vaga no alcance da empresa. O alcance dela é 30 pelo
proprietário ou a maior distância que um colaborador
;; está da empresa, somada a 30
;; O agente não pode estar contratado para ser pleiteante.
let alcance 0
if any? my-in-linksproprietarios [
set alcance (one-of [link-length] of my-in-linksproprietarios * 2)]
;; Se houver contratados, o alcance é dado por 30 + a maior distância deles.
if any? my-out-linksorganizacionais and alcance < max [link-length] of my-out-
linksorganizacionais [
set alcance max [link-length] of my-out-linksorganizacionais
]
let pleiteantes agentes in-cone alcance 360 with [not any? my-out-linksproprietarios and
not any? my-in-linksorganizacionais and not any? my-in-linkshierarquicos]

if any? pleiteantes and is-agent? superiordisponivel [
;; Escolhe o melhor contratado possível, para produzir o produto da empresa.
if breed = bcs1 [
set preferido max-one-of pleiteantes [ produtividade1 ]
]
if breed = bcs2 [
set preferido max-one-of pleiteantes [ produtividade2 ]
]
if breed = bcs3 [
set preferido max-one-of pleiteantes [ produtividadecoleta ]
]
let salariopedido propostadesalario preferido
let salariomaximo maximodesalario empresa preferido

;; Se o salário for compatível, efetiva a contratação
if salariopedido <= salariomaximo [
efetivar preferido superiordisponivel salariopedido empresa
]
]
]
]

end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Procedimento de efetivação de contratados;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

to efetivar [contratado superior valor empresa]
ask contratado [
create-linkorganizacional-from empresa [
set hidden? true
set color green
set salario valor
set ultimanegociacao ticks
]
create-linkhierarquico-from superior [
set color red
]
]
end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Procedimento para renegociar salário do agente.;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

to renegociarsalarios
;; Selecciona funcionários da empresa.

```

```

let funcionarios agentes with [in-linkorganizacional-neighbor? myself]
;; Avalia o salário de um a um.
while [any? funcionarios] [
let funcionario one-of funcionarios

if ([ultimanegociacao] of one-of my-out-linksorganizacionais with [end2 = funcionario]) +
latencianeg >= ticks [

let propostafuncionario propostadesalario funcionario
;; Se a proposta salarial for menor que o máximo que pode ser pago, aceitar.
ifelse propostafuncionario <= maximodesalario self funcionario [
ask my-out-linksorganizacionais with [end2 = funcionario] [
set salario propostafuncionario
set ultimanegociacao ticks
]
] [
;; Caso contrário, tenta preservar o funcionário com potencial para chefia.
;; Tenta preservar funcionários com potencial de chefia, pagando 10% a mais por organização
acima do mínimo (2)
ifelse [organizacao] of funcionario >= 3 and
propostafuncionario <= (maximodesalario self funcionario) * (1 + ([organizacao] of
funcionario - 2) * 0.1)) [
ask my-out-linksorganizacionais with [end2 = funcionario] [
set salario propostafuncionario
set ultimanegociacao ticks
]
] [
;; Caso não seja possível o remanejamento avalia permanência do funcionário por redução de sua
expectativa ou demite o funcionário.
;; Neste caso o funcionário aceita o salário máximo, removendo seu markup, para preservar a
oportunidade futura.
ifelse propostafuncionario / 1.2 <= maximodesalario self funcionario [
ask my-out-linksorganizacionais with [end2 = funcionario] [
set salario maximodesalario myself funcionario
set ultimanegociacao ticks
]
] [
;; Caso nada disso seja possível, demite o funcionário.
ask funcionario [ demissao ]
]
]
;; Tira o funcionário já negociado da lista de funcionários a negociar.
set funcionarios funcionarios with [self != funcionario]
]
end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Procedimento para calcular o salário dos agentes;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

to-report propostadesalario [ contratado ]
;; O contratado avalia o seu salário por meio da utilidade do dinheiro e das suas alternativas
no momento.
;; Ele ainda aplica um markup igual ao das empresas, no processo de precificação, para incorrer
em

;; ganho de utilidade.
;; Ele vai avaliar cada item do inventário como possibilidade produtiva.
let quantidadinh1 [dinheiro] of contratado
let quantidadetms1 [table:get inventario "produto1"] of contratado
let quantidadetms2 [table:get inventario "produto2"] of contratado
let quantidadetms3 [table:get inventario "planta1"] of contratado
let quantidadetms4 [table:get inventario "planta2"] of contratado
let quantidadetms5 [table:get inventario "planta3"] of contratado

let tmspl1 tms [zseguranca1] of contratado maxinventarioa quantidadetms1 [zdinheiro] of
contratado maxdinheiro quantidadinh1
let tmspl2 tms [zseguranca2] of contratado maxinventarioa quantidadetms2 [zdinheiro] of
contratado maxdinheiro quantidadinh1
let tmspl3 tms [zseguranca3] of contratado maxinventarioa quantidadetms3 [zdinheiro] of
contratado maxdinheiro quantidadinh1
let tmspl4 tms [zseguranca4] of contratado maxinventarioa quantidadetms4 [zdinheiro] of
contratado maxdinheiro quantidadinh1
let tmspl5 tms [zseguranca5] of contratado maxinventarioa quantidadetms5 [zdinheiro] of
contratado maxdinheiro quantidadinh1
report max (list tmspl1 tmspl2 tmspl3 tmspl4 tmspl5) * (1 + (markup / 100))
end

```

```

;;;;;;;;;;;;;
;; Procedimento para calcular o máximo que a empresa pode pagar;;
;;;;;;;;;;;;;

to-report maxmodesalario [empresa-contratante contratado]
  ;; A empresa considera seus custos e seu markup para efetivar os salários.
  let limitedesalario 0
  let rateiosupervisores 0
  let supervisores agentes with [ in-linkorganizacional-neighbor? empresa-contratante and any? my-
out-linkshierarquicos ]
  let custossupervisores sum [salario] of linksorganizacionais with [ member? end2 supervisores ]
  ;; Rateia os supervisores que não são agentes produtivos.
  if any? supervisores [
    set rateiosupervisores custossupervisores / (count supervisores)
  ]
  if [breed] of empresa-contratante = bcs1 [
    ;; Avalia o máximo que pode ser pago ao funcionário
    set limitedesalario ((([multiprodutividade] of empresa-contratante * [produtividade1] of
contratado * estimaprecodoitem1) / (1 + (markup / 100))) -
([produtividade1] of contratado * estimaprecodoitem5) - rateiosupervisores
)
  ]
  if [breed] of empresa-contratante = bcs2 [
    ;; Avalia o máximo que pode ser pago ao funcionário
    set limitedesalario ((([multiprodutividade] of empresa-contratante * [produtividade2] of
contratado * estimaprecodoitem2) / (1 + (markup / 100))) -
([produtividade2] of contratado * estimaprecodoitem4) - rateiosupervisores
)
  ]
  if breed = bcs3 [
    ;; Avalia o máximo que pode ser pago ao funcionário
    set limitedesalario ((([multiprodutividade] of empresa-contratante * [produtividadecoleta] of
contratado * estimaprecodoitem3) +
([multiprodutividade] of empresa-contratante * [produtividadecoleta] of
contratado * estimaprecodoitem4) + ([multiprodutividade] of empresa-contratante *
[produtividadecoleta] of contratado * estimaprecodoitem5) / 3) / (1 + (markup
/ 100))) - rateiosupervisores
)
  ]
  report limitedesalario
end

;;;;;;;;;;;;;
;; Efetuar pagamentos dos funcionários;;
;;;;;;;;;;;;;

to pagarfuncionarios
  ;; Paga funcionários
  ifelse ncg <= dinheiro [
    set dinheiro (dinheiro - ncg)
    set custoacumulado custoacumulado + ncg
    ask my-out-linksorganizacionais [
      ask end2 [
        set dinheiro (dinheiro + [salario] of myself)
      ]
    ]
  ] [
    ifelse any? my-in-linksproprietarios [
      let proprietario one-of [end1] of my-in-linksproprietarios
      ;; O proprietário capitaliza, caso contrário a empresa morre.
      ifelse [dinheiro] of proprietario >= (ncg - dinheiro) [
        ask proprietario [
          set dinheiro (dinheiro - [ncg] of myself + [dinheiro] of myself)
        ]
      ]
      set dinheiro 0
      set custoacumulado custoacumulado + ncg
      ask my-out-linksorganizacionais [
        ask end2 [
          set dinheiro (dinheiro + [salario] of myself)
        ]
      ]
    ] [ ; Se não há dinheiro, a empresa morre.
matarsistematecnico
ask agentes [
  eliminalinksorganizacionais
]
] ] [
matarsistematecnico
ask agentes [
  eliminalinksorganizacionais
]
]

```

Apêndice A – Algoritmo do modelo para Netlogo 5.1.0

```

]
]
]
end

;;;;;;;;;;;;;
;; Efetuar pagamentos dos proprietários;;
;;;;;;;;;;;;;

to pagarproprietario
  let proprietario one-of agentes with [out-linkproprietario-neighbor? myself]
  let custoadicionado 0
  if is-agent? proprietario [
    ;; Paga proprietários. Paga 25% das sobras
    if dinheiro >= reserva and dinheiro >= maxdinheiro / 2 [
      let dividendos (dinheiro - reserva) * 0.25
      ask proprietario [
        set dinheiro (dinheiro + dividendos)
      ]
      ;; Baixa valor pago na empresa.
      set dinheiro (dinheiro - dividendos)
    ]
  ]

  ;; O proprietário sempre recebe o equivalente à dua produtividade daquele item que a empresa
produz.
  ;; Optou-se por esta abordagem, porque pressupõem-se que um agente racional só investiria em um
sistema técnico,
  ;; se pudesse produzir para benefício próprio, no mínimo aquilo que conseguiria sem o tal
sistema.

  if breed = bcs1 [
    ifelse table:get inventario "produto1" > [produtividade1] of proprietario [
      table:put inventario "produto1" table:get inventario "produto1" - [produtividade1] of
proprietario
      set custoadicionado estimaprecodoitem1 * [produtividade1] of proprietario
      ask proprietario [
        table:put inventario "produto1" table:get inventario "produto1" + produtividade1
      ]
    ] [
      set custoadicionado estimaprecodoitem1 * table:get inventario "produto1"
      table:put inventario "produto1" 0
      ask proprietario [
        table:put inventario "produto1" table:get inventario "produto1" + [table:get inventario
"produto1"] of myself
      ]
    ]
  ]

  if breed = bcs2 [
    ifelse table:get inventario "produto2" > [produtividade2] of proprietario [
      set custoadicionado estimaprecodoitem2 * [produtividade2] of proprietario
      table:put inventario "produto2" table:get inventario "produto2" - [produtividade2] of
proprietario
      ask proprietario [
        table:put inventario "produto2" table:get inventario "produto2" + produtividade2
      ]
    ] [
      set custoadicionado estimaprecodoitem2 * table:get inventario "produto2"
      table:put inventario "produto1" 0
      ask proprietario [
        table:put inventario "produto2" table:get inventario "produto2" + [table:get inventario
"produto2"] of myself
      ]
    ]
  ]

  if breed = bcs3 [
    let estoquepl table:get inventario "plantal"
    let estoquepl2 table:get inventario "planta2"
    let estoquepl3 table:get inventario "planta2"

    if estoquepl > estoquepl2 and estoquepl > estoquepl3 [
      ifelse estoquepl > [produtividadecoleta] of proprietario [
        set custoadicionado estimaprecodoitem3 * [produtividadecoleta] of proprietario
        table:put inventario "plantal" table:get inventario "plantal" - [produtividadecoleta] of
proprietario
        ask proprietario [
          table:put inventario "plantal" table:get inventario "plantal" + produtividadecoleta
        ]
      ] [

```

```

    set custoadicionado estimaprecodoitem3 * table:get inventario "plantal"
    table:put inventario "plantal" 0
    ask proprietario [
        table:put inventario "plantal" table:get inventario "plantal" + [table:get inventario
"plantal"] of myself
    ]
    ]
    ]

    if estoquep2 > estoquepl and estoquep2 > estoquep3 [
    ifelse estoquep2 > [produtividadecoleta] of proprietario [
    set custoadicionado estimaprecodoitem4 * [produtividadecoleta] of proprietario
    table:put inventario "planta2" table:get inventario "planta2" - [produtividadecoleta] of
proprietario
        ask proprietario [
            table:put inventario "planta2" table:get inventario "planta2" + produtividadecoleta
        ]
    ] [
    set custoadicionado estimaprecodoitem4 * table:get inventario "planta2"
    table:put inventario "planta2" 0
    ask proprietario [
        table:put inventario "planta2" table:get inventario "planta2" + [table:get inventario
"planta2"] of myself
    ]
    ]
    ]

    if estoquep3 > estoquepl and estoquep3 > estoquep2 [
    ifelse estoquep3 > [produtividadecoleta] of proprietario [
    set custoadicionado estimaprecodoitem5 * [produtividadecoleta] of proprietario
    table:put inventario "planta3" table:get inventario "planta3" - [produtividadecoleta] of
proprietario
        ask proprietario [
            table:put inventario "planta3" table:get inventario "planta3" + produtividadecoleta
        ]
    ] [
    set custoadicionado estimaprecodoitem5 * table:get inventario "planta3"
    table:put inventario "planta3" 0
    ask proprietario [
        table:put inventario "planta3" table:get inventario "planta3" + [table:get inventario
"planta3"] of myself
    ]
    ]
    ]

    ;; Este custo não é efetivamente pago, mas é somado como custo por representar a estimativa de
    retirada de material da empresa.
    if any? agentes with [ out-linkproprietario-neighbor? myself and not any? my-out-
    linkshierarquicos ] and custoadicionado <= 0 [
    set custoadicionado propostadesalario one-of agentes with [out-linkproprietario-neighbor?
    myself]
    ]
    set custoacumulado custoacumulado + custoadicionado
    end

    ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
    ;; Procedimento para agentes ofertarem produtos.;;
    ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

    ;; Neste procedimento o agente escolhe o produto que menos precisa para vender e escolhe o produto
    que mais precisa para comprar.
    ;; A referência é a utilidade invariável do dinheiro, conforme proposto por Marshall.

    to agentecomprar
    ;; Se as condições não forem atendidas, não faz nada.
    set qcompra 0
    set pcompra 0
    let temptmsc 0
    ;; Toma as quantidades em inventário
    let quantidadetms1 table:get inventario "produto1"
    let quantidadetms2 table:get inventario "produto2"
    let quantidadetms3 table:get inventario "plantal"
    let quantidadetms4 table:get inventario "planta2"
    let quantidadetms5 table:get inventario "planta3"
    let quantidinhairo dinheiro

    ;; Ajusta a TMS.
    let tmspl tms zseguranca1 maxinventarioa quantidadetms1 zdinheiro maxdinheiro quantidinhairo

```

```

    let tmsp2 tms zseguranca2 maxinventarioa quantidadetms2 zdinheiro maxdinheiro quantidinhairo
    let tmsp3 tms zseguranca3 maxinventarioa quantidadetms3 zdinheiro maxdinheiro quantidinhairo
    let tmsp4 tms zseguranca4 maxinventarioa quantidadetms4 zdinheiro maxdinheiro quantidinhairo
    let tmsp5 tms zseguranca5 maxinventarioa quantidadetms5 zdinheiro maxdinheiro quantidinhairo

    ;; Procedimentos para comprar bens

    ;; Comprar Produto 1
    if tmsp1 > tmsp2 and tmsp1 > tmsp3 and tmsp1 > tmsp4 and tmsp1 > tmsp5 [
    let referencia max (list tmsp2 tmsp3 tmsp4 tmsp5)
    set itemcompra 1
    set pcompra 1 ;; Parte de 1 que é o neutro em uma média geométrica.
    set temptmsc tmsp1
    ;; Procura maximizar a utilidade, levando a utilidade de todos os bens à mesma UM / unidade

    monetária.

    ;; A UM do dinheiro é a referência que permite a unificação.
    while [ temptmsc > referencia ] [
    set qcompra qcompra + 1 ;; O agente parte da noção de venda que ele tem hoje.
    set pcompra (pcompra * temptmsc)
    ifelse quantidinhairo - (qcompra * pcompra) > 0 [
    ;; Avalia a nova utilidade para verificar até que ponto vale a pena vender. Adiciona
    produto e subtrai preço pago.
    set temptmsc tms zseguranca1 maxinventarioa (quantidadetms1 + qcompra) zdinheiro
    maxdinheiro (quantidinhairo - (qcompra * pcompra))
    ] [ set temptmsc referencia ]
    set pcompra (pcompra ^ ( 1 / qcompra)) ;; O preço de Venda é a média geométrica do valor
    dado por cada interação.
    if pcompra < 0 [ set pcompra 0 ]
    ]
    ]

    ;; Comprar Produto 2
    if tmsp2 > tmsp1 and tmsp2 > tmsp3 and tmsp2 > tmsp4 and tmsp2 > tmsp5 [
    let referencia max (list tmsp1 tmsp3 tmsp4 tmsp5)
    set itemcompra 2
    set pcompra 1 ;; Parte de 1 que é o neutro em uma média geométrica.
    set temptmsc tmsp2
    ;; Procura maximizar a utilidade, levando a utilidade de todos os bens à mesma UM / unidade

    monetária.

    ;; A UM do dinheiro é a referência que permite a unificação.
    while [ temptmsc > referencia ] [
    set qcompra qcompra + 1 ;; O agente parte da noção de venda que ele tem hoje.
    set pcompra (pcompra * temptmsc)
    ifelse quantidinhairo - (qcompra * pcompra) > 0 [
    ;; Avalia a nova utilidade para verificar até que ponto vale a pena vender. Adiciona
    produto e subtrai preço pago.
    set temptmsc tms zseguranca2 maxinventarioa (quantidadetms2 + qcompra) zdinheiro
    maxdinheiro (quantidinhairo - (qcompra * pcompra))
    ] [ set temptmsc referencia ]
    set pcompra (pcompra ^ ( 1 / qcompra)) ;; O preço de Venda é a média geométrica do valor
    dado por cada interação.
    if pcompra < 0 [ set pcompra 0 ]
    ]
    ]

    ;; Comprar Produto 3
    if tmsp3 > tmsp1 and tmsp3 > tmsp2 and tmsp3 > tmsp4 and tmsp3 > tmsp5 [
    let referencia max (list tmsp1 tmsp2 tmsp4 tmsp5)
    set itemcompra 3
    set pcompra 1 ;; Parte de 1 que é o neutro em uma média geométrica.
    set temptmsc tmsp3
    ;; Procura maximizar a utilidade, levando a utilidade de todos os bens à mesma UM / unidade

    monetária.

    ;; A UM do dinheiro é a referência que permite a unificação.
    while [ temptmsc > referencia ] [
    set qcompra qcompra + 1 ;; O agente parte da noção de venda que ele tem hoje.
    set pcompra (pcompra * temptmsc)
    ifelse quantidinhairo - (qcompra * pcompra) > 0 [
    ;; Avalia a nova utilidade para verificar até que ponto vale a pena vender. Adiciona
    produto e subtrai preço pago.
    set temptmsc tms zseguranca3 maxinventarioa (quantidadetms3 + qcompra) zdinheiro
    maxdinheiro (quantidinhairo - (qcompra * pcompra))
    ] [ set temptmsc referencia ]
    set pcompra (pcompra ^ ( 1 / qcompra)) ;; O preço de Venda é a média geométrica do valor
    dado por cada interação.
    if pcompra < 0 [ set pcompra 0 ]
    ]
    ]

    ;; Comprar Produto 4
    if tmsp4 > tmsp1 and tmsp4 > tmsp2 and tmsp4 > tmsp3 and tmsp4 > tmsp5 [
    let referencia max (list tmsp1 tmsp2 tmsp3 tmsp5)

```

```

set itemcompra 4
set pcompra 1 ;; Parte de 1 que é o neutro em uma média geométrica.
set temptmsc tmsp4
;; Procura maximizar a utilidade, levando a utilidade de todos os bens à mesma UM / unidade

monetária.
;; A UM do dinheiro é a referência que permite a unificação.
while [ temptmsc > referencia ] [
  set qcompra qcompra + 1 ;; O agente parte da noção de venda que ele tem hoje.
  set pcompra (pcompra * temptmsc)
  ifelse quantidinheiro - (qcompra * pcompra) > 0 [
    ;; Avalia a nova utilidade para verificar até que ponto vale a pena vender. Adiciona
    produto e subtrai preço pago.
    set temptmsc tms zseguranca4 maxinventarioa (quantidadetms4 + qcompra) zdinheiro
    maxdinheiro (quantidinheiro - (qcompra * pcompra))
  ] [ set temptmsc referencia ]
  set pcompra (pcompra ^ ( 1 / qcompra)) ;; O preço de Venda é a média geométrica do valor
  dado por cada interação.
  if pcompra < 0 [ set pcompra 0 ]
]

;; Comprar Produto 5
if tmsp5 > tmspl and tmsp5 > tmsp2 and tmsp5 > tmsp3 and tmsp5 > tmsp4 [
  let referencia max (list tmspl tmsp2 tmsp3 tmsp4)
  set itemcompra 5
  set pcompra 1 ;; Parte de 1 que é o neutro em uma média geométrica.
  set temptmsc tmsp5
  ;; Procura maximizar a utilidade, levando a utilidade de todos os bens à mesma UM / unidade

monetária.
;; A UM do dinheiro é a referência que permite a unificação.
while [ temptmsc > referencia ] [
  set qcompra qcompra + 1 ;; O agente parte da noção de venda que ele tem hoje.
  set pcompra (pcompra * temptmsc)
  ifelse quantidinheiro - (qcompra * pcompra) > 0 [
    ;; Avalia a nova utilidade para verificar até que ponto vale a pena vender. Adiciona
    produto e subtrai preço pago.
    set temptmsc tms zseguranca5 maxinventarioa (quantidadetms5 + qcompra) zdinheiro
    maxdinheiro (quantidinheiro - (qcompra * pcompra))
  ] [ set temptmsc referencia ]
  set pcompra (pcompra ^ ( 1 / qcompra)) ;; O preço de Venda é a média geométrica do valor
  dado por cada interação.
  if pcompra < 0 [ set pcompra 0 ]
]

;; Ajuste de limites, para evitar desperdício do agente. Ele só compra o que pode carregar e só
oferta o dinheiro que possui.
if pcompra > quantidinheiro [ set pcompra quantidinheiro ]
if limitedeinventario? [
  if itemcompra = 1 and qcompra > (maxinventarioa - quantidadetms1) [ set qcompra maxinventarioa -
quantidadetms1 ]
  if itemcompra = 2 and qcompra > (maxinventarioa - quantidadetms2) [ set qcompra maxinventarioa -
quantidadetms2 ]
  if itemcompra = 3 and qcompra > (maxinventarioa - quantidadetms3) [ set qcompra maxinventarioa -
quantidadetms3 ]
  if itemcompra = 4 and qcompra > (maxinventarioa - quantidadetms4) [ set qcompra maxinventarioa -
quantidadetms4 ]
  if itemcompra = 5 and qcompra > (maxinventarioa - quantidadetms5) [ set qcompra maxinventarioa -
quantidadetms5 ]
]
end

to agenteofertar
  set qvenda 0
  set pvenda 0
  let temptmsv 0
  ;; Toma as quantidades em inventário
  let quantidadetms1 table:get inventario "produto1"
  let quantidadetms2 table:get inventario "produto2"
  let quantidadetms3 table:get inventario "planta1"
  let quantidadetms4 table:get inventario "planta2"
  let quantidadetms5 table:get inventario "planta3"
  let quantidinheiro dinheiro

  ;; Ajusta a TMS para 1. Posição neutra em relação ao dinheiro.
  let tmspl tms zsegurancal maxinventarioa quantidadetms1 zdinheiro maxdinheiro quantidinheiro
  let tmsp2 tms zseguranca2 maxinventarioa quantidadetms2 zdinheiro maxdinheiro quantidinheiro
  let tmsp3 tms zseguranca3 maxinventarioa quantidadetms3 zdinheiro maxdinheiro quantidinheiro
  let tmsp4 tms zseguranca4 maxinventarioa quantidadetms4 zdinheiro maxdinheiro quantidinheiro
  let tmsp5 tms zseguranca5 maxinventarioa quantidadetms5 zdinheiro maxdinheiro quantidinheiro
  ;; Procedimentos para vendas bens

```

Apêndice A – Algoritmo do modelo para Netlogo 5.1.0

```

;; Vender Produto 1
if tmspl < tmsp2 and tmspl < tmsp3 and tmspl < tmsp4 and tmspl < tmsp5 [
  let referencia min (list tmsp2 tmsp3 tmsp4 tmsp5)
  set itemvenda 1
  set pvenda 1 ;; Parte de 1 que é o neutro em uma média geométrica.
  set temptmsv tmspl
  ;; Procura maximizar a utilidade, levando a utilidade de todos os bens à mesma UM / unidade

monetária.
;; A UM do dinheiro é a referência que permite a unificação.
while [ temptmsv < referencia ] [
  set qvenda qvenda + 1 ;; O agente parte da noção de venda que ele tem hoje.
  set pvenda (pvenda * temptmsv)
  ifelse quantidadetms1 - qvenda > 0 [
    ;; Avalia a nova utilidade para verificar até que ponto vale a pena vender. Adiciona
    produto e subtrai preço pago.
    set temptmsv tms zsegurancal maxinventarioa (quantidadetms1 - qvenda) zdinheiro
    maxdinheiro (quantidinheiro + (qvenda * pvenda))
  ] [ set temptmsv referencia ]
  set pvenda (pvenda ^ ( 1 / qvenda)) ;; O preço de Venda é a média geométrica do valor dado
  por cada interação.
  if pvenda < 0 [ set pvenda 0 ]
]

;; Vender Produto 2
if tmsp2 < tmspl and tmsp2 < tmsp3 and tmsp2 < tmsp4 and tmsp2 < tmsp5 [
  let referencia min (list tmspl tmsp3 tmsp4 tmsp5)
  set itemvenda 2
  set pvenda 1 ;; Parte de 1 que é o neutro em uma média geométrica.
  set temptmsv tmsp2
  ;; Procura maximizar a utilidade, levando a utilidade de todos os bens à mesma UM / unidade

monetária.
;; A UM do dinheiro é a referência que permite a unificação.
while [ temptmsv < referencia ] [
  set qvenda qvenda + 1 ;; O agente parte da noção de venda que ele tem hoje.
  set pvenda (pvenda * temptmsv)
  ifelse quantidadetms2 - qvenda > 0 [
    ;; Avalia a nova utilidade para verificar até que ponto vale a pena vender. Adiciona
    produto e subtrai preço pago.
    set temptmsv tms zseguranca2 maxinventarioa (quantidadetms2 - qvenda) zdinheiro
    maxdinheiro (quantidinheiro + (qvenda * pvenda))
  ] [ set temptmsv referencia ]
  set pvenda (pvenda ^ ( 1 / qvenda)) ;; O preço de Venda é a média geométrica do valor dado
  por cada interação.
  if pvenda < 0 [ set pvenda 0 ]
]

;; Vender Produto 3
if tmsp3 < tmspl and tmsp3 < tmsp2 and tmsp3 < tmsp4 and tmsp3 < tmsp5 [
  let referencia min (list tmspl tmsp2 tmsp4 tmsp5)
  set itemvenda 3
  set pvenda 1 ;; Parte de 1 que é o neutro em uma média geométrica.
  set temptmsv tmsp3
  ;; Procura maximizar a utilidade, levando a utilidade de todos os bens à mesma UM / unidade

monetária.
;; A UM do dinheiro é a referência que permite a unificação.
while [ temptmsv < referencia ] [
  set qvenda qvenda + 1 ;; O agente parte da noção de venda que ele tem hoje.
  set pvenda (pvenda * temptmsv)
  ifelse quantidadetms3 - qvenda > 0 [
    ;; Avalia a nova utilidade para verificar até que ponto vale a pena vender. Adiciona
    produto e subtrai preço pago.
    set temptmsv tms zseguranca3 maxinventarioa (quantidadetms3 - qvenda) zdinheiro
    maxdinheiro (quantidinheiro + (qvenda * pvenda))
  ] [ set temptmsv referencia ]
  set pvenda (pvenda ^ ( 1 / qvenda)) ;; O preço de Venda é a média geométrica do valor dado
  por cada interação.
  if pvenda < 0 [ set pvenda 0 ]
]

;; Vender Produto 4
if tmsp4 < tmspl and tmsp4 < tmsp2 and tmsp4 < tmsp3 and tmsp4 < tmsp5 [
  let referencia min (list tmspl tmsp2 tmsp3 tmsp5)
  set itemvenda 4
  set pvenda 1 ;; Parte de 1 que é o neutro em uma média geométrica.
  set temptmsv tmsp4
  ;; Procura maximizar a utilidade, levando a utilidade de todos os bens à mesma UM / unidade

monetária.
;; A UM do dinheiro é a referência que permite a unificação.
while [ temptmsv < referencia ] [

```

```

    set qvenda qvenda + 1 ;; O agente parte da noção de venda que ele tem hoje.
    set pvenda (pvenda * temptmsv)
    ifelse quantidadetms4 - qvenda > 0 [
      ;; Avalia a nova utilidade para verificar até que ponto vale a pena vender. Adiciona
      produto e subtrai preço pago.
      set temptmsv tms zseguranca4 maxinventarioa (quantidadetms4 - qvenda) zdinheiro
      maxdinheiro (quantidinhheiro + (qvenda * pvenda)) ]
    [ set temptmsv referencia ]
  ]
  set pvenda (pvenda ^ ( 1 / qvenda)) ;; O preço de Venda é a média geométrica do valor dado
  por cada interação.
    if pvenda < 0 [ set pvenda 0 ]
  ]

  ;; Vender Produto 5
  if tmsp5 < tmspl and tmsp5 < tmsp2 and tmsp5 < tmsp3 and tmsp5 < tmsp4 [
    let referencia min (list tmspl tmsp2 tmsp3 tmsp4)
    set itemvenda 5
    set pvenda 1 ;; Parte de 1 que é o neutro em uma média geométrica.
    set temptmsv tmsp5
    ;; Procura maximizar a utilidade, levando a utilidade de todos os bens à mesma UM / unidade
    monetária.

    ;; A UM do dinheiro é a referência que permite a unificação.
    while [ temptmsv < referencia ] [
      set qvenda qvenda + 1 ;; O agente parte da noção de venda que ele tem hoje.
      set pvenda (pvenda * temptmsv)
      ifelse quantidadetms5 - qvenda > 0 [
        ;; Avalia a nova utilidade para verificar até que ponto vale a pena vender. Adiciona
        produto e subtrai preço pago.
        set temptmsv tms zseguranca5 maxinventarioa (quantidadetms5 - qvenda) zdinheiro
        maxdinheiro (quantidinhheiro + (qvenda * pvenda)) ]
      [ set temptmsv referencia ]
    ]
    set pvenda (pvenda ^ ( 1 / qvenda)) ;; O preço de Venda é a média geométrica do valor dado
    por cada interação.
      if pvenda < 0 [ set pvenda 0 ]
    ]

    ;; Ajusta limites, para evitar que o agente faça propostas que não pode honrar.
    if itemvenda = 1 and qvenda > quantidadetms1 [ set qvenda int quantidadetms1 ]
    if itemvenda = 2 and qvenda > quantidadetms2 [ set qvenda int quantidadetms2 ]
    if itemvenda = 3 and qvenda > quantidadetms3 [ set qvenda int quantidadetms3 ]
    if itemvenda = 4 and qvenda > quantidadetms4 [ set qvenda int quantidadetms4 ]
    if itemvenda = 5 and qvenda > quantidadetms5 [ set qvenda int quantidadetms5 ]

  end

  ;; Procedimento para empresas ofertarem produtos.;;
  ;; Procedimento para empresas ofertarem produtos.;;

  to empresaofertar
    ;; Calcula a disponibilidade de bens.
    let quantidadededinheiro (dinheiro)

    ;; Planta 1 é algo necessário para toda empresa.
    let quantidadeplantal (table:get inventario "plantal")

    ;; Calcula a expectativa de planta 1. 1 por agente, para manutenção estrutural. É compra
    prioritária.

    ;; A empresa sempre mantém o Custo de abertura + 10% de reserva desta planta para possíveis
    expansões.

    ;; Esta necessidade vai ser usada para cálculo da expectativa de dinheiro necessária.
    let nplantal (custoabertura * 1.1) - quantidadeplantal
    if nplantal < 0 [ set nplantal 0 ]

    ;; Calcula o preço estimado para a plantal (p3), tendo por base a média geométrica da evolução
    do período t - 4 A t - 1.

    let precodoitem3 estimaprecodoitem3 * (1 + random-float (markup / 200)) ;; Aceita pagar até 50%
    do markup acima da média geométrica dos últimos 3 períodos.

    ;; Calcula a expectativa de dinheiro
    ;; A empresa precisa de dinheiro para pagar os salários e comprar planta 1 para ampliação.
    ;; Ela utiliza como referência de preço de custo, o preço da planta 1 (prod3), adicionado da
    projeção.

    ;; Executa cálculos específicos por tipo de organização.

```

```

    ;; As empresas não precisam de seus respectivos produtos principais. Por isso a razão de
    expectativa de vendas é a quantidade do próprio bem.
    ;; As empresas utilizam como técnica de precificação o Markup definido na tela de comando.

    if breed = bcs1 [
      let quantidadeproduto1 (table:get inventario "produto1")
      ifelse quantidadeproduto1 >= 1 [
        set pvenda (custoacumulado / int quantidadeproduto1) * (1 + (markup / 100))
        set qvenda int quantidadeproduto1
      ] [ set qvenda 0 ]
    ]

    if breed = bcs2 [
      let quantidadeproduto2 (table:get inventario "produto2")
      ifelse quantidadeproduto2 >= 1 [
        set pvenda (custoacumulado / int quantidadeproduto2) * (1 + (markup / 100))
        set qvenda int quantidadeproduto2
      ] [ set qvenda 0 ]
    ]

    ;; O rateio desta empresa é simples. Divide os custos igualmente por todos os produtos
    produzidos.

    ;; Ela também participa dos leilões de venda com os seus 3 produtos, mas controla a venda de
    planta 1.

    ;; Esta empresa considera o custo de oportunidade de venda da planta 1 pelo custo estimado de
    mercado.

    if breed = bcs3 [
      let quantidadeplanta2 (table:get inventario "planta2")
      let quantidadeplanta3 (table:get inventario "planta3")
      let quantidadetotal quantidadeplantal + quantidadeplanta2 + quantidadeplanta3
      ;; Desconta a necessidade de planta 1 para ofertar e não ficar sem.
      ifelse (quantidadeplantal - nplantal) >= 1 [
        set pvenda1 ((custoacumulado / quantidadetotal)) * (1 + (markup / 100))
        set qvenda1 int (quantidadeplantal - nplantal)
      ] [
        set qvenda1 0
        set pvenda1 0
      ]
      ifelse (quantidadeplanta2) >= 1 [
        set pvenda2 ((custoacumulado / quantidadetotal)) * (1 + (markup / 100))
        set qvenda2 int quantidadeplanta2
      ] [
        set qvenda2 0
        set pvenda2 0
      ]
      ifelse (quantidadeplanta3) >= 1 [
        set pvenda3 ((custoacumulado / quantidadetotal)) * (1 + (markup / 100))
        set qvenda3 int quantidadeplanta3
      ] [
        set qvenda3 0
        set pvenda3 0
      ]
    ]

  end

  ;; Procedimento para empresas comprarem produtos.;;
  ;; Procedimento para empresas comprarem produtos.;;

  to empresacomprar

    ;; As empresas só compram aquilo que precisam.
    ;; Empresa 1 - Planta 1 e Planta 3
    ;; Empresa 2 - Planta 1 e Planta 2
    ;; Empresa 3 - Planta 1.

    ;; As empresas compram a valor de mercado.
    ;; cria variável local de custo de oportunidade.
    let custodeoportunidade 0

    ;; Planta 1 é necessária para toda empresa. Carrega para todas
    let quantidadeplantal (table:get inventario "plantal")

    ;; Define a necessidade de planta 1 da empresa.
    ;; A empresa sempre apresenta uma pequena variação na sua estimativa, em relação aos seus postos
    de trabalho.

    let nplantal (random-normal custoabertura abs (0.25 * custoabertura)) - quantidadeplantal
    if nplantal < 0 [ set nplantal 0 ]
    ;; Define a média histórica de P1

```

```

    let precodoitem3 estimaprecodoitem3 * (1 + random-float (markup / 200)) ;; Aceita pagar até 50%
do markup, acima da média geométrica dos últimos 3 períodos.

    ;; Se tiver dinheiro, coloca o pedido. Caso contrário, tente uma oferta de compra com preço
menor.
    ;; Se não for possível o modo "desespero" vai tratar a compra da máxima quantidade com o
dinheiro disponível.
    set qcompral int nplatal
    ifelse qcompral > 0 [
    ifelse dinheiro >= qcompral * precodoitem3 [
    ;; Esta variável é em comum para os 3 tipos de empresa.
    set pcompral precodoitem3
    ] [
    set pcompral (dinheiro) / qcompral
    ]
    ] [
    set pcompral 0
    ]

    ;; Não compra se não estiver conseguindo fechar negócios.
    ifelse breed != bcs3 and pvenda > 0 and any? agentes with [out-linkproprietario-neighbor? myself
or in-linkorganizacional-neighbor? myself ] [

    ;; Coloca ofertas de compra específicas das empresas 1
    ifelse breed = bcs1 and dinheiro > reserva [
    let listadeempregados agentes with [ in-linkorganizacional-neighbor? myself and not any? my-
out-linkshierarquicos]
    ;; Calcula o que a empresa estará deixando de ganhar por agente, em média.
    ifelse any? listadeempregados [
    set custodeoportunidade multiprodutividade * mean [ produtividade1 ] of listadeempregados *
pvenda

    ] [

    set custodeoportunidade (multiprodutividade *
[ produtividade1 ] of one-of agentes with [ out-linkproprietario-
neighbor? myself and not any? my-out-linkshierarquicos] * pvenda)
    ]
    set pcompra3 estimaprecodoitem5
    ifelse custodeoportunidade > estimaprecodoitem5 and pcompra3 > 0 [
    ;; A empresa reserva 3 rodadas de salários e só compra para a demanda da próxima rodada.
    let demandademp custodeoportunidade / (multiprodutividade * pvenda)
    let limiteqcompra (dinheiro - reserva) / pcompra3
    ifelse limiteqcompra > demandademp [
    set qcompra3 int demandademp
    ] [
    set qcompra3 int limiteqcompra
    ]
    ] [
    set pcompra3 custodeoportunidade * (1 - 0.05) ;; Oferta 5% abaixo do CO.
    ;; A empresa reserva 3 rodadas de salários e só compra para a demanda da próxima rodada.
    let demandademp custodeoportunidade / (multiprodutividade * pvenda)
    let limiteqcompra (dinheiro - reserva) / pcompra3
    ifelse limiteqcompra > demandademp [
    set qcompra3 int demandademp
    ] [
    set qcompra3 int limiteqcompra
    ]
    ]
    ] [
    if breed = bcs3 [
    set pcompra3 0
    set qcompra3 0
    ]
    ]

    ;; Coloca ofertas de compra específicas das empresas 2
    ifelse breed = bcs2 and dinheiro >= reserva [
    let listadeempregados agentes with [ in-linkorganizacional-neighbor? myself and not any? my-
out-linkshierarquicos]
    ;; Calcula o que a empresa estará deixando de ganhar por agente, em média.
    ifelse any? listadeempregados [
    set custodeoportunidade multiprodutividade * mean [ produtividade2 ] of listadeempregados *
pvenda

    ] [

    set custodeoportunidade (multiprodutividade *
[ produtividade2 ] of one-of agentes with [ out-linkproprietario-
neighbor? myself and not any? my-out-linkshierarquicos] * pvenda)
    ]
    set pcompra2 estimaprecodoitem4
    ifelse custodeoportunidade > estimaprecodoitem4 and pcompra2 > 0 [

```

Apêndice A – Algoritmo do modelo para Netlogo 5.1.0

```

    ;; A empresa reserva 3 rodadas de salários e só compra para a demanda da próxima rodada.
    let demandademp custodeoportunidade / (multiprodutividade * pvenda)
    let limiteqcompra (dinheiro - reserva) / pcompra2
    ifelse limiteqcompra > demandademp [
    set qcompra2 int demandademp
    ] [
    set qcompra2 int limiteqcompra
    ]
    ] [
    set pcompra2 custodeoportunidade * (1 - 0.05) ;; Oferta 5% abaixo do CO.
    ;; A empresa reserva 3 rodadas de salários e só compra para a demanda da próxima rodada.
    let demandademp custodeoportunidade / (multiprodutividade * pvenda)
    let limiteqcompra (dinheiro - reserva) / pcompra2
    ifelse limiteqcompra > demandademp [
    set qcompra2 int demandademp
    ] [
    set qcompra2 int limiteqcompra
    ]
    ]
    ] [
    if breed = bcs2 [
    set pcompra2 0
    set qcompra2 0
    ]
    ] [ ;; Finaliza proteção.
    if breed = bcs1 [
    set pcompra3 0
    set qcompra3 0
    ]
    if breed = bcs2 [
    set pcompra2 0
    set qcompra2 0
    ]
    ]

    ]
end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Procedimento executado pelo agente central para transações.;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
to efetivartransacoes
;; São feitas duas rodadas por turno para balancear necessidades gerais.
if trocas? [
repeat rodadasdecomercio [ ;; A repetição pode ser ajustada.
;; Processo para que os agentes revelem suas preferências.
ask agentes [
agenteofertar
agentecomprar
]

ask bcs1 [
empresaofertrar
empresacomprar
]

ask bcs2 [
empresaofertrar
empresacomprar
]

ask bcs3 [
empresaofertrar
empresacomprar
]

processartrocasbem1
processartrocasbem2
processartrocasbem3
processartrocasbem4
processartrocasbem5

]

;; Preserva a média de preço negociado.
ifelse uquant1 > 1 [ ;; Só registra quando há mais de uma transação.
table:put precomp1 ticks (uprecomp1 / uquant1)
table:put quant1 ticks uquant1
] [ ;; Caso contrário, preserva a última média.

```

```

    table:put precop1 ticks (table:get precop1 (ticks - 1))
    table:put quant1 ticks uquant1
  ]
  ;; Zera para uso no próximo laço.
  set uquant1 0
  set uprecop1 0

;; Preserva a média de preço negociado.
ifelse uquant2 > 1 [ ;; Só registra quando há mais de uma transação.
  table:put precop2 ticks (uprecop2 / uquant2)
  table:put quant2 ticks uquant2
] [ ;; Caso contrário, preserva a última média.
  table:put precop2 ticks (table:get precop2 (ticks - 1))
  table:put quant2 ticks uquant2
]
  ;; Zera para uso no próximo laço.
  set uquant2 0
  set uprecop2 0

;; Preserva a média de preço negociado.
ifelse uquant3 > 1 [ ;; Só registra quando há mais de uma transação.
  table:put precop3 ticks (uprecop3 / uquant3)
  table:put quant3 ticks uquant3
] [ ;; Caso contrário, preserva a última média.
  table:put precop3 ticks (table:get precop3 (ticks - 1))
  table:put quant3 ticks uquant3
]
  ;; Zera para uso no próximo laço.
  set uquant3 0
  set uprecop3 0

;; Preserva a média de preço negociado.
ifelse uquant4 > 1 [ ;; Só registra quando há mais de uma transação.
  table:put precop4 ticks (uprecop4 / uquant4)
  table:put quant4 ticks uquant4
] [ ;; Caso contrário, preserva a última média.
  table:put precop4 ticks (table:get precop4 (ticks - 1))
  table:put quant4 ticks uquant4
]
  ;; Zera para uso no próximo laço.
  set uquant4 0
  set uprecop4 0

;; Preserva a média de preço negociado.
ifelse uquant5 > 1 [ ;; Só registra quando há mais de uma transação.
  table:put precop5 ticks (uprecop5 / uquant5)
  table:put quant5 ticks uquant5
] [ ;; Caso contrário, preserva a última média.
  table:put precop5 ticks (table:get precop5 (ticks - 1))
  table:put quant5 ticks uquant5
]
  ;; Zera para uso no próximo laço.
  set uquant5 0
  set uprecop5 0

;; Finaliza com um leilão do BC para estabilizar a moeda ou a simples
;; devolução dela ao mercado.
leilaobc
]
end

;;;;;;;;;;;;
;; Sistema para equilibrar oferta de moeda e devolver bens ao mercado.;;
;;;;;;;;;;;;

to leilaobc
  ;; Confere a oferta de dinheiro.
  ;; Ajusta o inventário do BC para que ele receba todas as heranças não computadas.
  ;; Isto evita que a quantidade de dinheiro disponível caia ao longo do tempo.
  let dinheirocirculando sum [dinheiro] of agentes + sum [dinheiro] of bcs1 + sum [dinheiro] of
bcs2 + sum [dinheiro] of bcs3 + sum [dinheiro] of bancoscentrais
  set dinheiro dinheiro + totaldinheiro - dinheirocirculando
  ifelse intervencao? [
    ;; Procedimento de leilão para devolver dinheiro e bens ao mercado.

    [ [
      ;; Procedimento para devolver o dinheiro ao mercado sem balancear.
      distribuiddinheiro
    ]
  ]

```

```

end

;;;;;;;;;;;;
;; Procedimento de devolução de moeda ao mercado.
;;;;;;;;;;;;

to distribuiddinheiro
  ;; Distribui o dinheiro igualmente entre todos os agentes do cenário.
  if distribuirc? [
    let beneficiarios numerodeagentes
    if beneficiarios > 0 [
      ask agentes [
        ;; Concede o dinheiro aos agentes.
        set dinheiro (dinheiro + ([dinheiro] of myself / beneficiarios))
      ]
      set dinheiro 0
      ;; Se for para distribuir também o restante do inventário
      if not sodinheiro? [
        ask agentes [
          ;; Concede demais bens aos agentes
          table:put inventario "produto1" table:get inventario "produto1" + ([table:get inventario
"produto1"] of myself / beneficiarios)
          table:put inventario "produto2" table:get inventario "produto2" + ([table:get inventario
"produto2"] of myself / beneficiarios)
          table:put inventario "planta1" table:get inventario "planta1" + ([table:get inventario
"planta1"] of myself / beneficiarios)
          table:put inventario "planta2" table:get inventario "planta2" + ([table:get inventario
"planta2"] of myself / beneficiarios)
          table:put inventario "planta3" table:get inventario "planta3" + ([table:get inventario
"planta3"] of myself / beneficiarios)
        ]
        table:put inventario "produto1" 0
        table:put inventario "produto2" 0
        table:put inventario "planta1" 0
        table:put inventario "planta2" 0
        table:put inventario "planta3" 0
      ]
    ]
  ]
end

;;;;;;;;;;;;
;; Processo de trocas do bem 1.;;
;;;;;;;;;;;;

to processartrocasbem1
  let saidal false
  let q 0
  let somap 0
  let oferta 0
  let demanda 0
  let candidatoscompra no-turtles
  let candidatosvenda (turtle-set agentes with [ itemvenda = 1 and pvenda > 0 and qvenda > 0] bcs1
with [qvenda > 0 and pvenda > 0])
  if any? candidatosvenda [
    set candidatoscompra agentes with [itemcompra = 1 and pcompra >= min [pvenda] of
candidatosvenda and qcompra > 0 ]
    set demanda sum [qcompra] of candidatoscompra
  ]
  if any? candidatoscompra [
    set candidatosvenda candidatosvenda with [pvenda <= max [pcompra] of candidatoscompra ]
    set oferta sum [qvenda] of candidatosvenda
  ]

  while [not saidal] [
    ;; Prepara variáveis.
    let precodevenda 0 ;;
    let efetivandovenda nobody
    let efetivandocompra nobody
    let qtransacionada 0

    ifelse oferta > demanda [ ;; Oferta supera demanda, então casa por baixo.
      ;; Seleciona o melhor vendedor.
      ;; Estes venderão ao menor preço.
      if any? candidatosvenda [
        set efetivandovenda min-one-of candidatosvenda [pvenda]
      ]
    ]
  ]

```

```

    if efetivandovenda != nobody [
      set precodevenda [pvenda] of efetivandovenda
    ]
  ]

  ;; Selecciona o melhor comprador.
  ;; Comprará ao menor preço.
  if any? candidatoscompra and precodevenda > 0 [
    set efetivandocompra min-one-of candidatoscompra with [ pcompra >= precodevenda ] [pcompra]
  ]

  [ [ ;; Demanda supera oferta, então casa por cima.
    ;; Selecciona o melhor comprador.
    ;; Estes venderão ao maior preço.
    if any? candidatoscompra [
      set efetivandocompra max-one-of candidatoscompra [pcompra]
    ]

    ;; Selecciona o melhor vendedor.
    ;; Venderá com o maior preço.
    if any? candidatosvenda and efetivandocompra != nobody [
      set efetivandovenda max-one-of candidatosvenda with [ pvenda <= [pcompra] of efetivandocompra
    ]

    if efetivandovenda != nobody [
      set precodevenda [pvenda] of efetivandovenda
    ]
  ]

  ]

  ;; Efetiva a transação dos agentes e zera variáveis para a próxima interação do While eles não
  aparecerem.

  ifelse efetivandocompra != nobody and efetivandovenda != nobody [
    ;; Calcula o volume negociado.
    ifelse [qvenda] of efetivandovenda >= [qcompra] of efetivandocompra [
      set qtransacionada [qcompra] of efetivandocompra
    ] [
      set qtransacionada [qvenda] of efetivandovenda
    ]

    ;; Ajusta o comprador.
    ask efetivandocompra [
      table:put inventario "produto1" ((table:get inventario "produto1") + qtransacionada)
      ;; A transação é sempre realizada com base no preço de venda.
      set dinheiro ((dinheiro) - (qtransacionada * precodevenda))
      set qcompra qcompra - qtransacionada
      if qcompra <= 0 [ ;; Só por proteção
        set qcompra 0
        set pcompra 0
      ]
    ]

    ;; Ajusta o vendedor.
    ask efetivandovenda [
      let qatual table:get inventario "produto1"
      table:put inventario "produto1" (qatual - qtransacionada)
      ;; A transação é sempre realizada com base no preço de venda.
      set dinheiro ((dinheiro) + (qtransacionada * precodevenda))
      set qvenda qvenda - qtransacionada
      if qvenda <= 0 [ ;; Só por proteção
        set qvenda 0
        set pvenda 0
      ]
    ]

    if breed = bcs1 [
      ;; preserva custos do vendedor
      set custoacumulado custoacumulado - ((custoacumulado / qatual) * qtransacionada)
    ]

  ]

  ;; Elimina os agentes da lista de negociantes
  set candidatosvenda candidatosvenda with [qvenda > 0]
  set candidatoscompra candidatoscompra with [qcompra > 0]

  ;; Preserva dados para registro da média.
  set q q + qtransacionada
  set somap somap + (qtransacionada * precodevenda)

  [ [
    ;; Não encontrou mais transações viáveis. Sai do laço.
    set saida1 true
  ] ]

```

Apêndice A – Algoritmo do modelo para Netlogo 5.1.0

```

] ;; Fecha laço do produto 1.

;; Salva informações para registro final.
set uprecopl uprecopl + somap
set uquantl uquantl + q

end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Processo de trocas do bem 2.;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

to processartrocasbem2
  let saida2 false
  let q 0
  let somap 0
  let oferta 0
  let demanda 0
  let candidatoscompra no-turtles
  let candidatosvenda (turtle-set agentes with [ itemvenda = 2 and pvenda > 0 and qvenda > 0] bcs2)
  with [qvenda > 0 and pvenda > 0]
  if any? candidatosvenda [
    set candidatoscompra agentes with [itemcompra = 2 and pcompra >= min [pvenda] of
    candidatosvenda and qcompra > 0]
    set demanda sum [qcompra] of candidatoscompra
  ]
  if any? candidatoscompra [
    set candidatosvenda candidatosvenda with [pvenda <= max [pcompra] of candidatoscompra ]
    set oferta sum [qvenda] of candidatosvenda
  ]

  while [not saida2] [
    ;; Prepara variáveis.
    ;; Prepara variáveis.
    let precodevenda 0 ;;
    let efetivandovenda nobody
    let efetivandocompra nobody
    let qtransacionada 0

    ifelse oferta > demanda [ ;; Oferta supera demanda, então casa por baixo.
      ;; Selecciona o melhor vendedor.
      ;; Estes venderão ao menor preço.
      if any? candidatosvenda [
        set efetivandovenda min-one-of candidatosvenda [pvenda]
        if efetivandovenda != nobody [
          set precodevenda [pvenda] of efetivandovenda
        ]
      ]

      ;; Selecciona o melhor comprador.
      ;; Comprará ao menor preço.
      if any? candidatoscompra and precodevenda > 0 [
        set efetivandocompra min-one-of candidatoscompra with [ pcompra >= precodevenda ] [pcompra]
      ]

      [ [ ;; Demanda supera oferta, então casa por cima.
        ;; Selecciona o melhor comprador.
        ;; Estes venderão ao maior preço.
        if any? candidatoscompra [
          set efetivandocompra max-one-of candidatoscompra [pcompra]
        ]

        ;; Selecciona o melhor vendedor.
        ;; Venderá com o maior preço.
        if any? candidatosvenda and efetivandocompra != nobody [
          set efetivandovenda max-one-of candidatosvenda with [ pvenda <= [pcompra] of efetivandocompra
        ]

        if efetivandovenda != nobody [
          set precodevenda [pvenda] of efetivandovenda
        ]
      ]

    ]

    ;; Efetiva a transação dos agentes e zera variáveis para a próxima interação do While eles não
    aparecerem.

    ifelse efetivandocompra != nobody and efetivandovenda != nobody [
      ;; Calcula o volume negociado.
      ifelse [qvenda] of efetivandovenda >= [qcompra] of efetivandocompra [
        set qtransacionada [qcompra] of efetivandocompra

```



```

] [
set qtransacionada [qvenda] of efetivandovenda
]

;; Ajusta o comprador.
ask efetivandocompra [
table:put inventario "produto2" ((table:get inventario "produto2") + qtransacionada)
;; A transação é sempre realizada com base no preço de venda.
set dinheiro ((dinheiro) - (qtransacionada * precodevenda))
set qcompra qcompra - qtransacionada
if qcompra <= 0 [ ;; Só por proteção
set qcompra 0
set pcompra 0
]
]

;; Ajusta o vendedor.
ask efetivandovenda [
let qatual table:get inventario "produto2"
table:put inventario "produto2" (qatual - qtransacionada)
;; A transação é sempre realizada com base no preço de venda.
set dinheiro ((dinheiro) + (qtransacionada * precodevenda))
set qvenda qvenda - qtransacionada
if qvenda <= 0 [ ;; Só por proteção
set qvenda 0
set pvenda 0
]
if breed = bcs2 [
;; preserva custos do vendedor
set custoacumulado custoacumulado - ((custoacumulado / qatual) * qtransacionada)
]
]

;; Elimina os agentes da lista de negociantes
set candidatosvenda candidatosvenda with [qvenda > 0]
set candidatoscompra candidatoscompra with [qcompra > 0]

;; Preserva dados para registro da média.
set q q + qtransacionada
set somap somap + (qtransacionada * precodevenda)
] [
;; Não encontrou mais transações viáveis. Sai do laço.
set saida2 true
]

] ;; Fecha laço do produto 2.

;; Salva informações para registro final.
set uprecop2 uprecop2 + somap
set uquant2 uquant2 + q

end

;;;;;;;;;;;;;
;; Processo de trocas do bem 3.;;
;;;;;;;;;;;;;

to processartrocasbem3
let saida3 false
let q 0
let somap 0
let oferta 0
let demanda 0
let candidatoscompra no-turtles
let candidatosvenda (turtle-set bcs3 with [qvendal > 0 and pvendal > 0] agentes with [ itemvenda
= 3 and pvenda > 0 and qvenda > 0])
if any? candidatosvenda [
set candidatoscompra (turtle-set agentes with [itemcompra = 3 and pcompra >= min [pvenda] of
candidatosvenda
and qcompra > 0] bcs1 with [ pcompral > 0 and qcompral > 0] bcs2 with [
pcompral > 0 and qcompral > 0]
bcs3 with [ pcompral > 0 and qcompral > 0])
]

ask candidatosvenda with [breed = bcs3] [
set qvenda qvendal
set pvenda pvendal
]
ask candidatoscompra with [breed = bcs1 or breed = bcs2 or breed = bcs3] [
set qcompra qcompral
]

```

```

set pcompra pcompral
]
;; Ajusta quantidade ofertada, eliminando erros.
if any? candidatosvenda [
set candidatoscompra candidatoscompra with [pcompra >= min [pvenda] of candidatosvenda ]
set demanda sum [qcompra] of candidatoscompra
]
if any? candidatoscompra [
set candidatosvenda candidatosvenda with [pvenda <= max [pcompra] of candidatoscompra ]
set oferta sum [qvenda] of candidatosvenda
]

while [not saida3] [
;; Prepara variáveis.
let precodevenda 0 ;;
let efetivandovenda nobody
let efetivandocompra nobody
let qtransacionada 0

ifelse oferta > demanda [ ;; Oferta supera demanda, então casa por baixo.
;; Seleciona o melhor vendedor.
;; Estes venderão ao menor preço.
if any? candidatosvenda [
set efetivandovenda min-one-of candidatosvenda [pvenda]
if efetivandovenda != nobody [
set precodevenda [pvenda] of efetivandovenda
]
]

;; Seleciona o melhor comprador.
;; Comprará ao menor preço.
if any? candidatoscompra and precodevenda > 0 [
set efetivandocompra min-one-of candidatoscompra with [ pcompra >= precodevenda ] [pcompra]
]
] [ ;; Demanda supera oferta, então casa por cima.
;; Seleciona o melhor comprador.
;; Estes venderão ao maior preço.
if any? candidatoscompra [
set efetivandocompra max-one-of candidatoscompra [pcompra]
]
]

;; Seleciona o melhor vendedor.
;; Venderá com o maior preço.
if any? candidatosvenda and efetivandocompra != nobody [
set efetivandovenda max-one-of candidatosvenda with [ pvenda <= [pcompra] of efetivandocompra
]
]

if efetivandovenda != nobody [
set precodevenda [pvenda] of efetivandovenda
]
]

]

;; Efetiva a transação dos agentes e zera variáveis para a próxima interação do While eles não
aparecerem.

ifelse efetivandocompra != nobody and efetivandovenda != nobody [
;; Calcula o volume negociado.
let disponivelvenda [qvenda] of efetivandovenda
let disponivelcompra [qcompra] of efetivandocompra

ifelse disponivelvenda >= disponivelcompra [
set qtransacionada disponivelcompra
] [
set qtransacionada disponivelvenda
]

;; Ajusta o comprador.
ask efetivandocompra [
table:put inventario "plantal" ((table:get inventario "plantal") + qtransacionada)
;; A transação é sempre realizada com base no preço de venda.
set dinheiro ((dinheiro) - (qtransacionada * precodevenda))
set qcompra qcompra - qtransacionada
if qcompra <= 0 [ ;; Só por proteção
set qcompra 0
set pcompra 0
]
if breed = bcs1 or breed = bcs2 or breed = bcs3 [
set qcompral qcompra
set pcompral pcompra
]
]

;; Ajusta o vendedor.

```

```

ask efetivandovenda [
  let qatual table:get inventario "plantal"
  table:put inventario "plantal" (qatual - qtransacionada)
  ;; A transação é sempre realizada com base no preço de venda.
  set dinheiro ((dinheiro) + (qtransacionada * precodevenda))
  set qvenda qvenda - qtransacionada
  if qvenda <= 0 [ ;; Só por proteção
    set qvenda 0
    set pvenda 0
  ]
  if breed = bcs3 [
    set qvenda1 qvenda
    set pvenda1 pvenda
    ;; preserva custos do vendedor
    set custoacumulado custoacumulado - ((custoacumulado / qatual) * qtransacionada)
  ]
]

;; Elimina os agentes da lista de negociantes
set candidatosvenda candidatosvenda with [qvenda > 0]
set candidatoscompra candidatoscompra with [qcompra > 0]

;; Preserva dados para registro da média.
set q q + qtransacionada
set somap somap + (qtransacionada * precodevenda)
] [
  ;; Não encontrou mais transações viáveis. Sai do laço.
  set saida3 true
]

] ;; Fecha laço do produto 3.

;; Salva informações para registro final.
set uprecop3 uprecop3 + somap
set uquant3 uquant3 + q

end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Processo de trocas do bem 4.;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

to processartrocasbem4
  let saida4 false
  let q 0
  let somap 0
  let oferta 0
  let demanda 0
  let candidatoscompra no-turtles
  let candidatosvenda (turtle-set bcs3 with [qvenda2 > 0 and pvenda2 > 0] agentes with [ itemvenda
= 4 and pvenda > 0 and qvenda > 0])
  if any? candidatosvenda [
    set candidatoscompra (turtle-set agentes with [itemcompra = 4 and pcompra >= min [pvenda] of
candidatosvenda and qcompra > 0]
                                bcs2 with [ pcompra2 > 0 and qcompra2 > 0])
  ]
  ask candidatosvenda with [breed = bcs3] [
    set qvenda qvenda2
    set pvenda pvenda2
  ]
  ask candidatoscompra with [breed = bcs2] [
    set qcompra qcompra2
    set pcompra pcompra2
  ]
]

;; Ajusta quantidade ofertada, eliminando erros.
if any? candidatosvenda [
  set candidatoscompra candidatoscompra with [pcompra >= min [pvenda] of candidatosvenda ]
  set demanda sum [qcompra] of candidatoscompra
]
if any? candidatoscompra [
  set candidatosvenda candidatosvenda with [pvenda <= max [pcompra] of candidatoscompra]
  set oferta sum [qvenda] of candidatosvenda
]

while [not saida4] [
  ;; Prepara variáveis.
  let precodevenda 0 ;;
  let efetivandovenda nobody
  let efetivandocompra nobody

```

Apêndice A – Algoritmo do modelo para Netlogo 5.1.0

```

let qtransacionada 0

ifelse oferta > demanda [ ;; Oferta supera demanda, então casa por baixo.
  ;; Seleciona o melhor vendedor.
  ;; Estes venderão ao menor preço.
  if any? candidatosvenda [
    set efetivandovenda min-one-of candidatosvenda [pvenda]
    if efetivandovenda != nobody [
      set precodevenda [pvenda] of efetivandovenda
    ]
  ]

  ;; Seleciona o melhor comprador.
  ;; Comprará ao menor preço.
  if any? candidatoscompra and precodevenda > 0 [
    set efetivandocompra min-one-of candidatoscompra with [ pcompra >= precodevenda ] [pcompra]
  ]
] [ ;; Demanda supera oferta, então casa por cima.
  ;; Seleciona o melhor comprador.
  ;; Estes venderão ao maior preço.
  if any? candidatoscompra [
    set efetivandocompra max-one-of candidatoscompra [pcompra]
  ]

  ;; Seleciona o melhor vendedor.
  ;; Venderá com o maior preço.
  if any? candidatosvenda and efetivandocompra != nobody [
    set efetivandovenda max-one-of candidatosvenda with [ pvenda <= [pcompra] of efetivandocompra
  ]
  if efetivandovenda != nobody [
    set precodevenda [pvenda] of efetivandovenda
  ]
]

] [pvenda]

aparecerem.

;; Efetiva a trasação dos agentes e zera variáveis para a próxima interação do While eles não
aparecerem.

ifelse efetivandocompra != nobody and efetivandovenda != nobody [
  ;; Calcula o volume negociado.
  let disponivelvenda [qvenda] of efetivandovenda
  let disponivelcompra [qcompra] of efetivandocompra

  ifelse disponivelvenda >= disponivelcompra [
    set qtransacionada disponivelcompra
  ] [
    set qtransacionada disponivelvenda
  ]

  ;; Ajusta o comprador.
  ask efetivandocompra [
    table:put inventario "planta2" ((table:get inventario "planta2") + qtransacionada)
    ;; A transação é sempre realizada com base no preço de venda.
    set dinheiro ((dinheiro) - (qtransacionada * precodevenda))
    set qcompra qcompra - qtransacionada
    if qcompra <= 0 [ ;; Só por proteção
      set qcompra 0
      set pcompra 0
    ]
  ]

  if breed = bcs2 [
    set qcompra2 qcompra
    set pcompra2 pcompra
    ;; preserva custos do comprador
    set custoacumulado custoacumulado + (qtransacionada * precodevenda)
  ]
]

;; Ajusta o vendedor.
ask efetivandovenda [
  let qatual table:get inventario "planta2"
  table:put inventario "planta2" (qatual - qtransacionada)
  ;; A transação é sempre realizada com base no preço de venda.
  set dinheiro ((dinheiro) + (qtransacionada * precodevenda))
  set qvenda qvenda - qtransacionada
  if qvenda <= 0 [ ;; Só por proteção
    set qvenda 0
    set pvenda 0
  ]
]

if breed = bcs3 [
  set qvenda2 qvenda
  set pvenda2 pvenda

```

```

    ;; preserva custos do vendedor
    set custoacumulado custoacumulado - ((custoacumulado / qatual) * qtransacionada)
  ]
]

;; Elimina os agentes da lista de negociantes
set candidatosvenda candidatosvenda with [qvenda > 0]
set candidatoscompra candidatoscompra with [qcompra > 0]

;; Preserva dados para registro da média.
set q q + qtransacionada
set somap somap + (qtransacionada * precodevenda)
] [
  ;; Não encontrou mais transações viáveis. Sai do laço.
  set saida4 true
]

] ;; Fecha laço do produto 4.

;; Salva informações para registro final.
set uprecop4 uprecop4 + somap
set uquant4 uquant4 + q
end

;;;;;;;;;;;;;
;; Processo de trocas do bem 5.;;
;;;;;;;;;;;;;

to processartrocasbem5
  let saida5 false
  let q 0
  let somap 0
  let oferta 0
  let demanda 0
  let candidatoscompra no-turtles
  let candidatosvenda (turtle-set bcs3 with [qvenda3 > 0 and pvenda3 > 0] agentes with [ itemvenda
= 5 and pvenda > 0 and qvenda > 0])
  if any? candidatosvenda [
    set candidatoscompra (turtle-set agentes with [itemcompra = 5 and pcompra >= min [pvenda] of
candidatosvenda and qcompra > 0]
    bcs1 with [ pcompra3 > 0 and qcompra3 > 0])
  ]
  ask candidatosvenda with [breed = bcs3] [
    set qvenda qvenda3
    set pvenda pvenda3
  ]
  ask candidatoscompra with [breed = bcs1] [
    set qcompra qcompra3
    set pcompra pcompra3
  ]

  ;; Ajusta quantidade ofertada, eliminando erros.
  if any? candidatosvenda [
    set candidatoscompra candidatoscompra with [pcompra >= min [pvenda] of candidatosvenda]
    set demanda sum [qcompra] of candidatoscompra
  ]
  if any? candidatoscompra [
    set candidatosvenda candidatosvenda with [pvenda <= max [pcompra] of candidatoscompra]
    set oferta sum [qvenda] of candidatosvenda
  ]

  while [not saida5] [
    ;; Prepara variáveis.
    let precodevenda 0 ;;
    let efetivandovenda nobody
    let efetivandocompra nobody
    let qtransacionada 0

    ifelse oferta > demanda [ ;; Oferta supera demanda, então casa por baixo.
      ;; Seleciona o melhor vendedor.
      ;; Estes venderão ao menor preço.
      if any? candidatosvenda [
        set efetivandovenda min-one-of candidatosvenda [pvenda]
        if efetivandovenda != nobody [
          set precodevenda [pvenda] of efetivandovenda
        ]
      ]

      ;; Seleciona o melhor comprador.
      ;; Comprará ao menor preço.
    ]
  ]

```

```

    if any? candidatoscompra and precodevenda > 0 [
      set efetivandocompra min-one-of candidatoscompra with [ pcompra >= precodevenda ] [pcompra]
    ]
    [ [ ;; Demanda supera oferta, então casa por cima.
      ;; Seleciona o melhor comprador.
      ;; Estes venderão ao maior preço.
      if any? candidatoscompra [
        set efetivandocompra max-one-of candidatoscompra [pcompra]
      ]

      ;; Seleciona o melhor vendedor.
      ;; Venderá com o maior preço.
      if any? candidatosvenda and efetivandocompra != nobody [
        set efetivandovenda max-one-of candidatosvenda with [ pvenda <= [pcompra] of efetivandocompra

        if efetivandovenda != nobody [
          set precodevenda [pvenda] of efetivandovenda
        ]
      ]
    ]

    ;; Efetiva a transação dos agentes e zera variáveis para a próxima interação do While eles não
    aparecerem.

    ifelse efetivandocompra != nobody and efetivandovenda != nobody [
      ;; Calcula o volume negociado.
      let disponivelvenda [qvenda] of efetivandovenda
      let disponivelcompra [qcompra] of efetivandocompra

      ifelse disponivelvenda >= disponivelcompra [
        set qtransacionada disponivelcompra
      ] [
        set qtransacionada disponivelvenda
      ]

      ;; Ajusta o comprador.
      ask efetivandocompra [
        table:put inventario "planta3" ((table:get inventario "planta3") + qtransacionada)
        ;; A transação é sempre realizada com base no preço de venda.
        set dinheiro ((dinheiro) - (qtransacionada * precodevenda))
        set qcompra qcompra - qtransacionada
        if qcompra <= 0 [ ;; Só por proteção
          set qcompra 0
          set pcompra 0
        ]

        if breed = bcs1 [
          set qcompra3 qcompra
          set pcompra3 pcompra
          ;; preserva custos do comprador
          set custoacumulado custoacumulado + (qtransacionada * precodevenda)
        ]
      ]

      ;; Ajusta o vendedor.
      ask efetivandovenda [
        let qatual table:get inventario "planta3"
        table:put inventario "planta3" (qatual - qtransacionada)
        ;; A transação é sempre realizada com base no preço de venda.
        set dinheiro ((dinheiro) + (qtransacionada * precodevenda))
        set qvenda qvenda - qtransacionada
        if qvenda <= 0 [ ;; Só por proteção
          set qvenda 0
          set pvenda 0
        ]

        if breed = bcs3 [
          set qvenda3 qvenda
          set pvenda3 pvenda
          ;; preserva custos do vendedor
          set custoacumulado custoacumulado - ((custoacumulado / qatual) * qtransacionada)
        ]
      ]

      ;; Elimina os agentes da lista de negociantes
      set candidatosvenda candidatosvenda with [qvenda > 0]
      set candidatoscompra candidatoscompra with [qcompra > 0]

      ;; Preserva dados para registro da média.
      set q q + qtransacionada
      set somap somap + (qtransacionada * precodevenda)
    ] [
      ;; Não encontrou mais transações viáveis. Sai do laço.
    ]
  ]

```

```

    set saida5 true
  ]

] ;; Fecha laço do produto 5.

;; Salva informações para registro final.
set uprecop5 uprecop5 + somap
set uquant5 uquant5 + q

end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Procedimentos que possibilitam aos agentes se alimentarem.;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

to comer [p1 p2]
  if p1 >= p2 [
    loop [ ;; O agente come enquanto vale a pena.
      ifelse (table:get inventario "produto1") >= 1 and (utilidadeadicionada zenergia maxenergia
energia energiapl) >=
(utilidadeadicionada zsegurancal maxinventarioa (table:get inventario "produto1" - 1)
(table:get inventario "produto1")) [
      set energia energia + energiapl
      set metabolitos metabolitos + metabolitosp1
      table:put inventario "produto1" (table:get inventario "produto1" - 1)
    ] [
      stop
    ]
  ]
  if p2 >= p1 [
    loop [ ;; O agente come enquanto vale a pena.
      ifelse (table:get inventario "produto2") >= 1 and (utilidadeadicionada zmetabolitos
maxmetabolitos metabolitos metabolitosp2) >=
(utilidadeadicionada zsegurancal maxinventarioa (table:get inventario "produto2" - 1)
(table:get inventario "produto2")) [
      set energia energia + energiapl2
      set metabolitos metabolitos + metabolitosp2
      table:put inventario "produto2" (table:get inventario "produto2" - 1)
    ] [
      stop
    ]
  ]
]

end

to comerdireto [adicionadal adicionada2]
;; Analisar o terreno em volta
let destino nobody
let opcoesdecomida terrenoaoredor ;;

ifelse any? opcoesdecomida with [ pcolor = 42 or pcolor = 43 ] [
  ifelse adicionadal > adicionada2 [
    ;; Escolhe um destino próximo que contenha comida tipo 1.
    set destino min-one-of opcoesdecomida with [ pcolor = 42 ] [ distance myself ]
  ] [
    ;; Escolhe um destino próximo que contenha comida tipo 2.
    set destino min-one-of opcoesdecomida with [ pcolor = 43 ] [ distance myself ]
  ]
  ;; Caso não tenha nenhum, fique com a alternativa.
  if destino = nobody [ set destino min-one-of opcoesdecomida with [ pcolor = 42 or pcolor = 43
] [ distance myself ] ]

  if destino != nobody [ ;; elimina a chance de terra devastada parar a simulação.
    ;; Se movimentar até o destino encontrado.
    face destino
    set movimento distance destino
    gastarenergiamovimento
    fd movimento

  if pcolor = 42 [
    set energia (energia + (1 - albedograo1) * 10) ;; Absorve apenas 50% da energia disponível na
comida não processada.
    set metabolitos (metabolitos + metabolitos1 * 0.25) ;; Absorve apenas 12.5% dos metabólitos da
comida não processada.
    ask patch-here [
      set idade 0
      matarecursos
    ]
  ]
]

```

```

    ]
    if pcolor = 43 [
      set energia (energia + (1 - albedograo2) * 5) ;; Absorve apenas 25% da energia disponível na
comida não processada.
      set metabolitos (metabolitos + metabolitos2 * 0.5) ;; Absorve apenas 25% dos metabólitos da
comida não processada.
      ask patch-here [
        set idade 0
        matarecursos
      ]
    ]
  ] [
    ;; Se não encontra nenhum destino, vaga pelo cenário.
    moverrandomico
  ]
end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Procedimento que prepara para interações sociais.;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

to interacaosocial
  set candidatos other agentes in-cone 30 360 ;; Seleciona candidatos para interação social.
  ifelse any? candidatos [
    set abertosocial true
  ] [
    ;; Não encontrou ninguém para socializar. Vai caminhar pelo cenário. Quem sabe na próxima.
    set abertosocial false
    moverrandomico
  ]
end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Baseado na utilidade total do agente

to-report utilidadetotal
  report (utilidadeacumulada zenergia maxenergia energia) + (utilidadeacumulada zmetabolitos
maxmetabolitos metabolitos) +
    (utilidadeacumulada zsegurancal maxinventarioa (table:get inventario "produto1")) +
    (utilidadeacumulada zsegurancal maxinventarioa (table:get inventario "produto2")) +
    (utilidadeacumulada zsegurancal maxinventarioa (table:get inventario "planta1")) +
    (utilidadeacumulada zsegurancal maxinventarioa (table:get inventario "planta2")) +
    (utilidadeacumulada zsegurancal maxinventarioa (table:get inventario "planta3")) +
    (utilidadeacumulada zsocial maxsocial social)
end

to-report utilidadeadicionada [ z m a q ] ;; Onde z é a sensibilidade, m é o máximo, a é a
quantidade atual e q a adicionada.
  let utilidadea 0
  ;; if q < 0.03 [ set q 0.03 ] ;; Protege inclusive quantidades menores que 0, consideradas
impossíveis.
  set utilidadea ((utilidadeacumulada z m (q + a)) - (utilidadeacumulada z m a))
  report utilidadea
end

to-report utilidadeacumulada [ z m tq ] ;; Usado como Report pois será constantemente consultado Q
é a quantidade em teste.
  let utilidadep z
  let q ((tq / m) * 100)
  ifelse q > 0.03 [ set utilidadep (z / (e ^ (1 / q))) ] [
    set utilidadep 0 ];; Protege o sistema de ultrapassar os limites do Netlogo e dos valores,
considerados impossíveis para q < 0.03 tende a z.

  report utilidadep
end

to-report utilidademarginal [ z m tq ] ;; Onde z é a sensibilidade, m é o máximo para cálculo do
percentual e tq é a quantidade total.
  let um 0
  let q ((tq / m) * 100)
  ifelse q > 0.03 [ set um (z / ((q ^ 2) * (e ^ (1 / q)))) ] [;; Protege de divisão por 0 e o
netlogo de um número com o qual ele não consegue lidar (mais de 17 casas).
  set um z]
]

```

```

    report um
  end

;; Procedimentos relacionados a cálculos usados com frequência.
to-report reserva
  report 5 * ncg
end

to-report ncg
  let custosalarios sum [salario] of my-out-linksorganizacionais
  report custosalarios
end

to-report tms [ z1 m1 q1 z2 m2 q2] ;; Onde z é a sensibilidade, m é o máximo para cálculo do
percentual e q é a quantidade total.
  let quantidinheiro dinheiro
  report ((utilidademarginal z1 m1 q1) / (utilidademarginal z2 m2 q2))
end

;; Calcula os preços estimados dos produtos, considerando os últimos 3 períodos
to-report estimaprecodoitem1
  report ((one-of [table:get precop1 (ticks - 3)] of bancoscentrais) * (one-of [table:get precop1
(ticks - 2)] of bancoscentrais) *
    (one-of [table:get precop1 (ticks - 1)] of bancoscentrais)) ^ (1 / 3)
  ;;report (one-of [table:get precop1 (ticks - 1)] of bancoscentrais) * evolucao1 ;; Faz proposta
dentro da estimativa.
end

to-report estimaprecodoitem2
  report ((one-of [table:get precop2 (ticks - 3)] of bancoscentrais) * (one-of [table:get precop2
(ticks - 2)] of bancoscentrais) *
    (one-of [table:get precop2 (ticks - 1)] of bancoscentrais)) ^ (1 / 3)
  ;;report (one-of [table:get precop2 (ticks - 1)] of bancoscentrais) * evolucao2 ;; Faz proposta
dentro da estimativa.
end

to-report estimaprecodoitem3
  report ((one-of [table:get precop3 (ticks - 3)] of bancoscentrais) * (one-of [table:get precop3
(ticks - 2)] of bancoscentrais) *
    (one-of [table:get precop3 (ticks - 1)] of bancoscentrais)) ^ (1 / 3)
  ;;report (one-of [table:get precop3 (ticks - 1)] of bancoscentrais) * evolucao3 ;; Faz proposta
dentro da estimativa.
end

to-report estimaprecodoitem4
  report ((one-of [table:get precop4 (ticks - 3)] of bancoscentrais) * (one-of [table:get precop4
(ticks - 2)] of bancoscentrais) *
    (one-of [table:get precop4 (ticks - 1)] of bancoscentrais)) ^ (1 / 3)
  ;;report (one-of [table:get precop4 (ticks - 1)] of bancoscentrais) * evolucao4 ;; Faz proposta
dentro da estimativa.
end

to-report estimaprecodoitem5
  report ((one-of [table:get precop5 (ticks - 3)] of bancoscentrais) * (one-of [table:get precop5
(ticks - 2)] of bancoscentrais) *
    (one-of [table:get precop5 (ticks - 1)] of bancoscentrais)) ^ (1 / 3)
  ;;report (one-of [table:get precop5 (ticks - 1)] of bancoscentrais) * evolucao5 ;; Faz
proposta dentro da estimativa.
end

;; Calcula a evolução dos preços por meio de média geométrica.
to-report evolucao1
  report (((one-of [table:get precop1 (ticks - 3)] of bancoscentrais) / (one-of [table:get precop1
(ticks - 4)] of bancoscentrais)) *
    ((one-of [table:get precop1 (ticks - 2)] of bancoscentrais) / (one-of [table:get precop1
(ticks - 3)] of bancoscentrais)) *
    ((one-of [table:get precop1 (ticks - 1)] of bancoscentrais) / (one-of [table:get precop1
(ticks - 2)] of bancoscentrais)))) ^ (1 / 3)
end

to-report evolucao2
  report (((one-of [table:get precop2 (ticks - 3)] of bancoscentrais) / (one-of [table:get precop2
(ticks - 4)] of bancoscentrais)) *
    ((one-of [table:get precop2 (ticks - 2)] of bancoscentrais) / (one-of [table:get precop2
(ticks - 3)] of bancoscentrais)) *
    ((one-of [table:get precop2 (ticks - 1)] of bancoscentrais) / (one-of [table:get precop2
(ticks - 2)] of bancoscentrais)))) ^ (1 / 3)
end

to-report evolucao3

```

```

    report (((one-of [table:get precop3 (ticks - 3)] of bancoscentrais) / (one-of [table:get precop3
(ticks - 4)] of bancoscentrais)) *
    ((one-of [table:get precop3 (ticks - 2)] of bancoscentrais) / (one-of [table:get precop3
(ticks - 3)] of bancoscentrais)) *
    ((one-of [table:get precop3 (ticks - 1)] of bancoscentrais) / (one-of [table:get precop3
(ticks - 2)] of bancoscentrais)))) ^ (1 / 3)
  end

to-report evolucao4
  report (((one-of [table:get precop4 (ticks - 3)] of bancoscentrais) / (one-of [table:get precop4
(ticks - 4)] of bancoscentrais)) *
    ((one-of [table:get precop4 (ticks - 2)] of bancoscentrais) / (one-of [table:get precop4
(ticks - 3)] of bancoscentrais)) *
    ((one-of [table:get precop4 (ticks - 1)] of bancoscentrais) / (one-of [table:get precop4
(ticks - 2)] of bancoscentrais)))) ^ (1 / 3)
  end

to-report evolucao5
  report (((one-of [table:get precop5 (ticks - 3)] of bancoscentrais) / (one-of [table:get precop5
(ticks - 4)] of bancoscentrais)) *
    ((one-of [table:get precop5 (ticks - 2)] of bancoscentrais) / (one-of [table:get precop5
(ticks - 3)] of bancoscentrais)) *
    ((one-of [table:get precop5 (ticks - 1)] of bancoscentrais) / (one-of [table:get precop5
(ticks - 2)] of bancoscentrais)))) ^ (1 / 3)
  end

;;;;;;;;;;;;;
;; Avaliação dos níveis de energia e morte para o agente;;
;;;;;;;;;;;;;
to morte
  if energia <= 0 or metabolitos <= 0 [
    ;; Verifica se será concedida herança ou se será enviada para o BC
    ;; para distribuição ou regulação.
    ifelse any? agentes with [pai = myself] and heranca? [
      enviaherancaparafilhos
    ] [
      enviaherancaaobc
    ]

    regenerahierarquia

    die
  ]
end

;;;;;;;;;;;;;
;; Procedimentos para conceder herança;;
;;;;;;;;;;;;;

to enviaherancaparafilhos
  let herancap1 (table:get inventario "produto1")
  let herancap2 (table:get inventario "produto2")
  let herancacl (table:get inventario "plantal")
  let herancac2 (table:get inventario "planta2")
  let herancac3 (table:get inventario "planta3")
  let filhos agentes with [pai = myself]
  let nfilhos count filhos
  ask filhos [
    ;; Concede a "herança" para o filho.
    table:put inventario "produto1" (herancap1 / nfilhos) + table:get inventario "produto1"
    table:put inventario "produto2" (herancap2 / nfilhos) + table:get inventario "produto2"
    table:put inventario "plantal" (herancacl / nfilhos) + table:get inventario "plantal"
    table:put inventario "planta2" (herancac2 / nfilhos) + table:get inventario "planta2"
    table:put inventario "planta3" (herancac3 / nfilhos) + table:get inventario "planta3"
    set dinheiro dinheiro + ([dinheiro] of myself / nfilhos)
  ]
end

to enviaherancaaobc
  let herancap1 (table:get inventario "produto1")
  let herancap2 (table:get inventario "produto2")
  let herancacl (table:get inventario "plantal")
  let herancac2 (table:get inventario "planta2")
  let herancac3 (table:get inventario "planta3")

  ask bancoscentrais [
    ;; Como não tem filhos, o inventário é transferido ao banco central.
    table:put inventario "produto1" herancap1 + table:get inventario "produto1"

```

```

table:put inventario "produto2" herancap2 + table:get inventario "produto2"
table:put inventario "plantal" herancac1 + table:get inventario "plantal"
table:put inventario "planta2" herancac2 + table:get inventario "planta2"
table:put inventario "planta3" herancac3 + table:get inventario "planta3"
set dinheiro dinheiro + [dinheiro] of myself
]
end

;;;;;;;;;;;;;
;; Função de Demissão dos agentes;;
;;;;;;;;;;;;;

to demissao
  regenerahierarquia

  ;; Desconecta todas as relações organizacionais.
  ask my-out-linkshierarquicos [die]
  ask my-in-linkshierarquicos [die]
end

;;;;;;;;;;;;;
;; Função para recuperar a rede hierarquica das organizações, quando um agente sai, ou morre.;;
;;;;;;;;;;;;;

;; Dependendo das configurações da organização, esta regeneração pode incorrer em rupturas.
;; Esta rotina permite, inclusive, a contratação de um agente para preencher o espaço deixado
;; por outro e sempre procura os agentes com a maior organização.
;; Esta rotina é executada sempre que um agente morre ou que um agente é demitido.

to regenerahierarquia
  if regenerarh? [
    ask agentes [eliminarlinksorganizacionais]
    ;; Se tiver empresa e houver herança, transfere para o filho mais qualificado.
    ;; Se não tiver filho, o remanejamento vai encaminhar para o melhor qualificado.
    if any? my-out-linksproprietarios [
      ;; DEFINE A EMPRESA
      let empresa one-of [end2] of my-out-linksproprietarios

      ;; Verifica se há herdeiros
      ifelse any? agentes with [pai = myself and not any? my-out-linksproprietarios] and heranca? [
        ;; Escolhe o herdeiro mais qualificado que não seja dono de empresa.
        let herdeiro max-one-of agentes with [pai = myself and not any? my-out-linksproprietarios]
      ]

      [organizacao]
      let subordinados agentes with [ in-linkhierarquico-neighbor? myself and self != herdeiro]
      ifelse [organizacao] of herdeiro >= 2 [ ;; 0 herdeiro tem que ter capacidade mínima de
        controle.
        ;; Se o herdeiro atende aos requisitos ele inicia o processo para assumir
        ask herdeiro [
          ;; O herdeiro sempre se demite da empresa na qual estava, para seguir como dono da nova.
          demissao
          create-linkproprietario-to empresa [
            set color orange
          ]
          while [organizacao >= count my-out-linkshierarquicos and any? subordinados] [
            ;; preserva os subordinados com melhor organizacao
            let escolhido max-one-of subordinados [organizacao]
            create-linkhierarquico-to escolhido [
              set color red
            ]
            set subordinados subordinados with [self != escolhido]
          ]
        ]

        [ ]
        ;; Se o herdeiro não atende aos requisitos.
        set subordinados agentes with [ in-linkhierarquico-neighbor? myself ]
        contratahierarquiaproprietario empresa subordinados
      ]
    ] [
      ;; Se não há herança ou herdeiro
      let subordinados agentes with [ in-linkhierarquico-neighbor? myself ]
      contratahierarquiaproprietario empresa subordinados
    ]
  ] [
    ;; Fecha as ações de proprietário.
    if any? my-out-linkshierarquicos and any? my-in-linksorganizacionais [ ;; Se não houver
    subordinados é desnecessário executar
      let empresa one-of [end1] of my-in-linksorganizacionais

```

Apêndice A – Algoritmo do modelo para Netlogo 5.1.0

```

let subordinados agentes with [ in-linkhierarquico-neighbor? myself]
let superior one-of agentes with [ out-linkhierarquico-neighbor? myself]
contradahierarquigerencial empresa superior subordinados
]
]
end

;;;;;;;;;;;;;
;; Executa operações de preenchimento hierarquico para situações sem herdeiro;;
;;;;;;;;;;;;;

to contratahierarquiaproprietario [empresa subordinados]
  let novoproprietario nobody
  ;; Se a organização do melhor herdeiro não for suficiente, é feita uma seleção interna e
  externa.
  ;; Na seleção externa verifica-se se há algum subordinado possível, ao alcance da empresa,
  que
  ;; atenda ao requisito de organizacao.
  ;; verifica se há pleiteantes à vaga no alcance da empresa. O alcance dela é 30 pelo
  proprietário ou a maior distância que um colaborador
  ;; está da empresa, somada a 30
  ;; O agente não pode estar contratado para ser pleiteante.
  let alcance 30
  ;; Se houver contratados, o alcance é dado por 30 + a maior distância deles.
  if any? my-out-linksorganizacionais [
    set alcance 30 + max [link-length] of my-out-linksorganizacionais
  ]

  let pleiteantes agentes in-cone alcance 360 with [not any? my-out-linksproprietarios and
  not any? my-in-linksorganizacionais and not any? my-in-linkshierarquicos and
  organizacao >= 2]

  if any? pleiteantes [
    set novoproprietario max-one-of pleiteantes [organizacao]
  ]

  deixa a empresa.
  ;; Na seleção interna, verifica-se os subordinados imediatamente abaixo do agente que
  novoproprietario [
    ifelse novoproprietario != nobody [
      if any? subordinados and [organizacao] of max-one-of subordinados [organizacao] >= 2 and
      [organizacao] of max-one-of subordinados [organizacao] > [organizacao] of
      set novoproprietario max-one-of subordinados [organizacao]
      set subordinados subordinados with [self != novoproprietario]
    ] [
      if any? subordinados and [organizacao] of max-one-of subordinados [organizacao] >= 2 [
        set novoproprietario max-one-of subordinados [organizacao]
        set subordinados subordinados with [self != novoproprietario]
      ]
    ]
  ]

  if novoproprietario != nobody [ ;; Recompõe a hierarquia.
    ask novoproprietario [
      create-linkproprietario-to empresa [
        set color orange
      ]
      ask my-in-linksorganizacionais [die]
      while [organizacao >= count my-out-linkshierarquicos and any? subordinados] [
        ;; preserva os subordinados com melhor organizacao
        let escolhido max-one-of subordinados [organizacao]
        create-linkhierarquico-to escolhido [
          set color red
        ]
        set subordinados subordinados with [self != escolhido]
      ]
    ]
  ]
end

;;;;;;;;;;;;;
;; Executa operações de preenchimento hierarquico para situações gerenciais ;;
;;;;;;;;;;;;;

to contradahierarquigerencial [empresa superior subordinados]
  let novogestor nobody

```

```

    let salariofechado 0
    ;; Se a organização do melhor herdeiro não for suficiente, é feita uma seleção interna e
externa.
    ;; Na seleção externa verifica-se se há algum subordinado possível, ao alcance da empresa,
que
    ;; atenda ao requisito de organizacao.
    let alcance 30 + max [link-length] of [my-out-linkshierarquicos] of empresa
    let pleiteantes agentes in-cone alcance 360 with [not any? my-out-linkshierarquicos and
    not any? my-in-linkshierarquicos and
organizacao >= 2]
    if any? pleiteantes [
        let escolhidotemp max-one-of pleiteantes [organizacao]
        if maxmodosalario empresa escolhidotemp >= propostadesalario escolhidotemp [
            set novogestor max-one-of pleiteantes [organizacao]
            set salariofechado propostadesalario novogestor
        ]
    ]
    ;; Na seleção interna, verifica-se os subordinados imediatamente abaixo do agente que
deixa a empresa.
    ifelse novogestor != nobody [
        if any? subordinados and [organizacao] of max-one-of subordinados [organizacao] >= 2 and
        [organizacao] of max-one-of subordinados [organizacao] > [organizacao] of novogestor [
            set novogestor max-one-of subordinados [organizacao]
        ]
    ] [
        if any? subordinados and [organizacao] of max-one-of subordinados [organizacao] >= 2 [
            set novogestor max-one-of subordinados [organizacao]
        ]
    ]
    ;; Ajusta a lista de subordinados para excluir o novo gestor.
    set subordinados subordinados with [self != novogestor]

    if novogestor != nobody [ ;; Recompõe a hierarquia.

        ask novogestor [
            create-linkhierarquico-from superior [
                set color red
            ]
            if not any? linkshierarquicos with [end1 = empresa] [
                create-linkorganizacional-from empresa [
                    set hidden? true
                    set color green
                    set salario salariofechado
                    set ultimanegociacao ticks
                ]
            ]
            while [organizacao >= count my-out-linkshierarquicos and any? subordinados] [
                ;; preserva os subordinados com melhor organizacao
                let escolhido max-one-of subordinados [organizacao]
                create-linkhierarquico-to escolhido [
                    set color red
                ]
                set subordinados subordinados with [self != escolhido]
            ]
        ]
    ]

end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Elimina links organizacionais daqueles que não possuem mais ligação hierarquica.;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

to eliminallinkshierarquicos
    ;; Mata organizacionais caso não haja hierarquia.
    if not any? my-in-linkshierarquicos [
        ask my-in-linkshierarquicos [
            die
        ]
    ]
    ;; Mata hierarquico caso não haja organizacional.
    if not any? my-in-linkshierarquicos and not any? my-out-linkshierarquicos [
        ask my-in-linkshierarquicos [
            die
        ]
    ]
    ask my-out-linkshierarquicos [
        die
    ]
end

```

```

    ]
end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Mata o sistema técnico caso este não tenha mais condições de sobrevivência.;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
to matarsistematecnico
    let eu word "E-" self
    table:put tempvidast eu tempodevida
    ifelse any? my-in-linkshierarquicos [ ;; Se tiver proprietário, ele herda o inventário.
        let proprietario one-of [end1] of my-in-linkshierarquicos
        ask proprietario [
            set dinheiro dinheiro + [dinheiro] of myself
            if [table:has-key? inventario "produto1"] of myself [ table:put inventario "produto1"
(table:get inventario "produto1" + [table:get inventario "produto1"] of myself) ]
            if [table:has-key? inventario "produto2"] of myself [ table:put inventario "produto2"
(table:get inventario "produto2" + [table:get inventario "produto2"] of myself) ]
            if [table:has-key? inventario "plantal"] of myself [ table:put inventario "plantal"
(table:get inventario "plantal" + [table:get inventario "plantal"] of myself) ]
            if [table:has-key? inventario "planta2"] of myself [ table:put inventario "planta2"
(table:get inventario "planta2" + [table:get inventario "planta2"] of myself) ]
            if [table:has-key? inventario "planta3"] of myself [ table:put inventario "planta3"
(table:get inventario "planta3" + [table:get inventario "planta3"] of myself) ]
        ]
    ] [
        ask bancoscentrais [
            set dinheiro dinheiro + [dinheiro] of myself
            if [table:has-key? inventario "produto1"] of myself [ table:put inventario "produto1"
(table:get inventario "produto1" + [table:get inventario "produto1"] of myself) ]
            if [table:has-key? inventario "produto2"] of myself [ table:put inventario "produto2"
(table:get inventario "produto2" + [table:get inventario "produto2"] of myself) ]
            if [table:has-key? inventario "plantal"] of myself [ table:put inventario "plantal"
(table:get inventario "plantal" + [table:get inventario "plantal"] of myself) ]
            if [table:has-key? inventario "planta2"] of myself [ table:put inventario "planta2"
(table:get inventario "planta2" + [table:get inventario "planta2"] of myself) ]
            if [table:has-key? inventario "planta3"] of myself [ table:put inventario "planta3"
(table:get inventario "planta3" + [table:get inventario "planta3"] of myself) ]
        ]
    ]
    die
end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;EXECUTA TODAS AS TROCAS SOCIAIS.;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

;; Permite a troca de bens e sociais a partir de uma espécie de leilão em um determinado raio.
;; Faz um cambio entre o valor das mercadorias, levando em conta o que o agente acredita ser
necessário para produzi-la, em termos de utilidade.
to trocar
    if abertosocial [ trocassociais ]

end

to trocassociais
    ;; TROCAS SOCIAIS;;
    if abertosocial and any? candidatos with [abertosocial] [
        ;; Escolhe o candidato estilo mais próximo, pois prefere se relacionar com quem é mais
parecido.
        let escolhido min-one-of candidatos with [ abertosocial ] [ abs (estilo - [estilo] of myself)
    ]
    / 5))
    let ganhosocial (social + (maxforcasocial * 0.25 * (1 - (abs [estilo] of escolhido - estilo))
diferença gera 20% (perda de 20%), com dois gera 15% (perda de 40%).
    set social (social + ganhosocial)
    ;; As interações sociais também promovem melhorias na organização.
    set organizacao (organizacao + random-float ([organizacao] of escolhido * potencialaprendizado
/ 100))

    ajustamaximos

    ;; O agente escolhido também recebe benefícios da relação. Mas apenas metade do benefício do
agente ativo.
    ask escolhido [
        set social (social + ganhosocial * 0.5)
    ]
end

```

```

200)      set organizacao organizacao + random-float ([organizacao] of myself * potencialaprendizado /
          ajustamaximos
        ]

        create-linksocial-with escolhido [
          set color cyan
        ]

        ask my-linkssociais with [end1 = escolhido or end2 = escolhido] [
          set forca (forca + ganhosocial)
          ajustalinkssociais
        ]
        set candidatos nobody
      ]
      ;; O candidato só será fechado no início da rodada seguinte, no procedimento go, para que
      continue aberto até o final para interações.
    end

    ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
    ;; Ajusta limites das variáveis básicas dos agentes.;;
    ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

    ;; Impede que os agentes tenham mais de uma variável do que podem realmente ter.
    to ajustamaximos
      if energia > maxenergia [ set energia maxenergia ] ;; Estabelece limite de energia do agente.
      if metabolitos > maxmetabolitos [ set metabolitos maxmetabolitos ] ;; Estabelece limite de
      metabolitos do agente.
      if social > maxsocial [ set social maxsocial ] ;; Estabelece limite de bem estar social do
      agente.
    end

    ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
    ;; Definição inicial dos agentes.;;
    ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
    to definicaoInicial
      ;; Variáveis genéticas
      ifelse mutacao? [
        set maxenergia random-normal inicialmaxenergia (inicialmaxenergia * taxamutacao / 100) ;;
        Inicia com base em uma distribuição normal com desvio dado pela taxa de mutação.
        set maxmetabolitos random-normal inicialmaxmetabolitos (inicialmaxmetabolitos * taxamutacao /
        100) ;; Inicia com base em uma distribuição normal com desvio dado pela taxa de mutação.
        set genergia random-normal inicialgenergia (inicalgenergia * taxamutacao / 100) ;; Inicia com
        base em uma distribuição normal com desvio dado pela taxa de mutação.
        set zsecurancal random-normal inicialzsecurancal (inicialzsecurancal * (taxamutacao / 100))
        set zsecuranca2 random-normal inicialzsecuranca2 (inicialzsecuranca2 * (taxamutacao / 100))
        set zsecuranca3 random-normal inicialzsecuranca3 (inicialzsecuranca3 * (taxamutacao / 100))
        set zsecuranca4 random-normal inicialzsecuranca4 (inicialzsecuranca4 * (taxamutacao / 100))
        set zsecuranca5 random-normal inicialzsecuranca5 (inicialzsecuranca5 * (taxamutacao / 100))
        set zmetabolitos random-normal inicialzmetabolitos (inicialzmetabolitos * (taxamutacao / 100))
        set zenergia random-normal inicialzenergia (inicialzenergia * (taxamutacao / 100))
        set zsocal random-normal inicialzsocal (inicialzsocal * (taxamutacao / 100))
        set maxsocial random-normal inicialmaxsocial (inicialmaxsocial * (taxamutacao / 100))
        ;; O Z do dinheiro é calculado por meio da média geométrica dos demais itens.
        set zdinheiro (zsecurancal * zsecuranca2 * zsecuranca3 * zsecuranca4 * zsecuranca5) ^ (1 / 5)
        set estilo int random 3
      ] [ ;; Precisa ser corrigido assim que finalizar. Não contempla todas as variáveis ainda.
        set maxenergia inicialmaxenergia
        set maxmetabolitos inicialmaxmetabolitos
        set genergia inicialgenergia
      ]

      ;; Variáveis de controle partida
      set energia random maxenergia
      set metabolitos random maxmetabolitos
      set age 0 ;; ajustado para todos os agentes novos.
      set social random maxsocial ;; Os agentes nascem sem contato social
      set abertosocial false
      set candidatos nobody
      set inventario table:make
      ifelse partida? [
        table:put inventario "produto1" 0
        table:put inventario "produto2" 0
        table:put inventario "plantal" 0
        table:put inventario "planta2" 0
        table:put inventario "planta3" 0
      ] [
        table:put inventario "produto1" maxinventarioa / 2

```

Apêndice A – Algoritmo do modelo para Netlogo 5.1.0

```

table:put inventario "produto2" maxinventarioa / 2
table:put inventario "plantal" maxinventarioa / 2
table:put inventario "planta2" maxinventarioa / 2
table:put inventario "planta3" maxinventarioa / 2
]
;; Todos os agentes recebem dinheiro para sua máxima satisfação.
;; No cenário o BC se esforçará para sempre estar circulando o total de dinheiro / habitantes
;; Esta regulagem é feita pelos leilões do BC.
set dinheiro totaldinheiro / numerodeagentesi
;; Variáveis de aprendizado. Começa de maneira primitiva.
set produtividade1 random-float aprendizadoini
set produtividade2 random-float aprendizadoini
set produtividadedecoleta random-float aprendizadoini
set organizacao random-float aprendizadoini * 2

;; Elimina qualquer anomalia
eliminaanomalias
end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Promove mutações nos agentes.;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
to mutacao
  set maxenergia random-normal maxenergia (maxenergia * (taxamutacao / 100))
  set maxmetabolitos random-normal maxmetabolitos (maxmetabolitos * (taxamutacao / 100))
  set genergia random-normal genergia (genergia * (taxamutacao / 100))
  set zsecurancal random-normal zsecurancal (zsecurancal * (taxamutacao / 100))
  set zsecuranca2 random-normal zsecuranca2 (zsecuranca2 * (taxamutacao / 100))
  set zsecuranca3 random-normal zsecuranca3 (zsecuranca3 * (taxamutacao / 100))
  set zsecuranca4 random-normal zsecuranca4 (zsecuranca4 * (taxamutacao / 100))
  set zsecuranca5 random-normal zsecuranca5 (zsecuranca5 * (taxamutacao / 100))
  set zmetabolitos random-normal zmetabolitos (zmetabolitos * (taxamutacao / 100))
  set zenergia random-normal zenergia (zenergia * (taxamutacao / 100))
  set zsocal random-normal zsocal (zsocal * (taxamutacao / 100))
  set zreproducao random-normal zreproducao (zreproducao * (taxamutacao / 100))
  set maxsocial random-normal maxsocial (maxsocial * (taxamutacao / 100))
  set maxreproducao random-normal maxreproducao (maxreproducao * (taxamutacao / 100))
  set estilo int random 3 ;; o estilo muda de forma aleatória, por não ser algo genético.
  ;; O Z do dinheiro é calculado por meio da média geométrica dos demais itens.
  set zdinheiro (zsecurancal * zsecuranca2 * zsecuranca3 * zsecuranca4 * zsecuranca5) ^ (1 / 5)

  set produtividade1 random-normal produtividade1 (produtividade1 * taxamutacao / 100)
  set produtividade2 random-normal produtividade2 (produtividade2 * taxamutacao / 100)
  set produtividadedecoleta random-normal produtividadedecoleta (produtividadedecoleta * taxamutacao /
  100)

  set organizacao random-normal organizacao (organizacao * taxamutacao / 100)

  ;; Elimina anomalias
  eliminaanomalias
end

to eliminaanomalias
  if genergia < 2 [ set genergia 2 ] ;; Elimina anomalia do gasto de energia tender a zero.
  if maxmetabolitos < 27 [ set maxmetabolitos 27 ] ;; Elimina anomalia do gasto de metabolitos
  tender a zero.
  if maxenergia < 48 [ set maxenergia 48 ] ;; Elimina anomalia do gasto de energia tender a
  zero.
  if maxsocial < 25 [ set maxsocial 25 ] ;; Elimina anomalia da necessidade social tender a
  zero.
  if produtividadedecoleta < 0.5 [ set produtividadedecoleta 0.5]
  if produtividade1 < 0.5 [ set produtividade1 0.5]
  if produtividade2 < 0.5 [ set produtividade2 0.5]
  if organizacao < 1 [ set organizacao 1 ]
end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Procedimento que define a forma dos links sociais;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

to ajustalinkssociais
  if forca <= 0 [ die ]
  ifelse forca <= (maxforçasocial * 0.5) [
    set shape "socialfraco"
  ] [
    set shape "socialforte"
  ]
end

```



```
;; Copyright 2014 Leonardo Augusto Amaral Terra  
;; Este código não pode ser reproduzido ou utilizado sem consentimento prévio do autor.
```