

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

ROGÉRIO SCABIM MORANO

**ESTUDO SOBRE CONDUTA E COOPERAÇÃO ENTRE EMPRESAS
ATRAVÉS DO DILEMA DO PRISIONEIRO E DA SIMULAÇÃO
BASEADA EM AGENTES**

São Paulo
2012

ROGÉRIO SCABIM MORANO

**ESTUDO SOBRE CONDUTA E COOPERAÇÃO ENTRE EMPRESAS
ATRAVÉS DO DILEMA DO PRISIONEIRO E DA SIMULAÇÃO
BASEADA EM AGENTES**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro
Universitário da FEI para obtenção do título de
Mestre em Administração de Empresas, orientado
pelo Prof. Dr. Edmilson Alves de Moraes.

São Paulo
2012

Ao meu filho Ulisses e à minha esposa Cíntia,
fontes de energia e inspiração.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus que me iluminou por toda esta jornada difícil de ser iniciada e, por algumas vezes, difícil de ser imaginada finalizada.

Gostaria de agradecer ao Centro Universitário da FEI pela oportunidade a mim oferecida e ao Prof. Dr. Edmilson Alves de Moraes, coordenador do programa de pós-graduação e meu orientador, pelo apoio, ensinamentos, ajuda e força em todos os momentos do curso.

Devo um agradecimento especial aos professores que formaram minha banca de qualificação, Prof. Dr. Flávio Tonidandel e Prof. Dr. Jaime Sichman, pela orientação, direcionamento e esclarecimentos fundamentais para a elaboração e finalização deste trabalho. Ao Prof. Dr. Felipe Zambaldi, pelos ensinamentos e ajuda que foram de suma importância para que eu pudesse lidar com a grande massa de dados gerada e analisada neste trabalho. Aos demais professores do programa, pelos ensinamentos tão importantes para meu processo de crescimento e amadurecimento.

Não posso esquecer-me de agradecer ao meu pai que mais uma vez foi fundamental em minha jornada acadêmica ao viabilizar mais este sonho, e a toda minha família e amigos, em especial à minha esposa Cíntia, pelo apoio e compreensão ao longo destes dois anos de pós-graduação.

*Em circunstâncias adequadas, a cooperação se desenvolve mesmo
entre adversários.*
(AXELROD, 2010).

RESUMO

Através de simulação baseada em agentes é modelado um mercado intensivo em tecnologia onde as alianças entre empresas para complementação de competências e habilidades, como proposto por Porter (1990) e Cunha e Melo (2006), são fundamentais para a exploração de novas oportunidades. O ambiente artificial representa o mercado em questão e os agentes deste ambiente representam as empresas que atuam no mercado e que possuem especialização cada vez maior, necessitando de complementaridade de habilidades, através de formações de alianças, como proposto por Doz e Hamel (2000), para exploração de novas oportunidades ou, no caso deste projeto de simulação baseada em agentes, para se apropriar de recursos vitais disponíveis no ambiente artificial. A conduta das empresas baseada na gestão orientada ao atendimento dos objetivos de *stakeholders* ou de *shareholders* deve afetar as alianças e seus níveis de intensidade e fragilidade. Empresas, diante de oportunidades de mercado que requerem alianças estratégicas, podem cooperar ou não com as demais, de acordo com seus perfis de conduta estratégica e de acordo com a avaliação dos históricos de cooperação de seus potenciais parceiros, como proposto por Axelrod (2010). O modelo de simulação baseada em agentes, proposto por este estudo, utiliza-se de regras baseadas no ambiente de açúcar, idealizado por Epstein e Axtell (1996), no dilema do prisioneiro para n-jogadores e nos conceitos existentes sobre cooperação, teorias de *stakeholders* e *shareholders* e alianças empresariais. Os dados obtidos das simulações realizadas foram analisados através do uso da técnica de regressão linear múltipla para verificar dependências e associações entre variáveis relevantes para o estudo.

Palavras-chave: Cooperação. Teoria de *Stakeholders* e *Shareholders*. Simulação Baseada em Agentes.

ABSTRACT

A technology-intensive market was modeled by an agent-based simulation where the enterprise alliances coupled with competences and abilities, as proposed by Porter (1990) and Cunha and Melo (2006), being fundamental to exploration of new opportunities. The artificial environment represents the market studied and the agents of such environment represent the enterprises which operate on the market being more and more specialized, ordering complementary abilities using strategic alliances, as proposed by Doz and Hamell (2000), for exploration of new opportunities or, in that agent-based simulation project, to appropriate the available vital resources of artificial environment. The strategic enterprise behavior based on management, in order to attend the goals of *stakeholders* or *shareholders* must affect the alliances and their intensity and fragility levels. Enterprises facing market opportunities which request strategic alliances, can or cannot cooperate on the others according to their strategic behavior profiles and according to the historical cooperation evaluation of their potential partners, as proposed by Axelrod (2010). The model of agent-based simulation proposed for such essay, uses roles based on *Sugarscape*, idealized for Epstein and Axtell (1996), on prisoner dilemma for *n-players* and on concepts existents about cooperation, *stakeholders* and *shareholders* theories and enterprise alliances. The data obtained of the executed simulations were analyzed through multiple linear regression techniques to verify dependencies and associations among relevant variables for that study (or essay).

Key-words: Cooperation. *Stakeholders* and *Shareholders* theories. Agent-Based Simulation.

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Correspondência entre conduta das empresas e as teorias dos <i>shareholders</i> e <i>stakeholders</i>	27
QUADRO 2 – Resultados da disputa baseada no dilema do prisioneiro entre dois jogadores.....	34
QUADRO 3 – Estratégias possíveis de serem adotadas por um agente no modelo do dilema do prisioneiro.....	35
QUADRO 4 – Exemplo de ganhos de um jogador em uma interação do dilema do prisioneiro para <i>n-jogadores</i>	38
QUADRO 5 – Variáveis básicas atribuídas aos agentes.....	51
QUADRO 6 – Relação de ganhos entre dois agentes interagindo pelos recursos disponíveis.....	54
QUADRO 7 – Histórico de estratégias adotadas para cálculo do valor de histórico de cooperação.....	56
QUADRO 8 – Variáveis para modelagem valor de histórico de cooperação, atribuídas aos agentes.....	57
QUADRO 9 – Estratégia adotada pelo agente baseado em seu perfil de conduta (dois agentes).....	59
QUADRO 10 – Variáveis para modelagem de perfil de conduta e estratégia adotada.....	62
QUADRO 11 – Correspondência entre o ambiente artificial construído e as teorias estudadas.....	63
QUADRO 12 – Lista de parâmetros ajustáveis do projeto de SBA.....	65
QUADRO 13 – Ajuste para regra de ponderação dos perfis de conduta.....	66
QUADRO 14 – Variáveis de observador analisadas nos testes preliminares.....	68
QUADRO 15 – Resultado das variáveis analisadas nos testes preliminares.....	69
QUADRO 16 – Parâmetros de entrada para análise dos 9 cenários propostos.....	72
QUADRO 17 – Variáveis dos agentes analisados nos 9 cenários propostos.....	74

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Vizinhança de Von Neumann e vizinhança de Moore	24
FIGURA 2 – Alcance de visão e decisão de movimentação de um agente.....	25
FIGURA 3 – Abordagem interativa para execução do projeto	40
FIGURA 4 – Exemplo de caracterização do ambiente e a quantidade de recursos nele distribuídos	45
FIGURA 5 – Distribuição dos agentes pelo ambiente	46
FIGURA 6 – Fluxo de atividades de um agente.....	50
FIGURA 7 – Vizinhos imediatos de um agente	52
FIGURA 8 – Ganhos dos agentes interagindo por três unidades de recurso.....	55
FIGURA 9 – Escala do valor de histórico de cooperação de um agente.....	57
FIGURA 10 – Regra para se estabelecer a estratégia adotada para um agente equalizador .	60
FIGURA 11 – Estratégias adotadas por um agente para cada possibilidade de “N”	61
FIGURA 12 – Resultado da análise da diferença das médias dos recursos acumulados	70
FIGURA 13 – Resultado da análise da porcentagem de empresas cooperadoras sobreviventes	71
FIGURA 14 – Valores dos parâmetros de entrada dos 9 cenários propostos.....	73
FIGURA 15 – Resultado da análise do cenário 1	75
FIGURA 16 – Resultado da análise do cenário 2.....	76
FIGURA 17 – Resultado da análise do cenário 3.....	77
FIGURA 18 – Resultado da análise do cenário 4.....	78
FIGURA 19 – Resultado da análise do cenário 5.....	79
FIGURA 20 – Resultado da análise do cenário 6.....	80
FIGURA 21 – Resultado da análise do cenário 7.....	81
FIGURA 22 – Resultado da análise do cenário 8.....	82
FIGURA 23 – Resultado da análise do cenário 9.....	83
FIGURA 24 – Gráficos de sobrevivência de empresas referentes aos cenários 1, 2 e 3.....	86
FIGURA 25 – Gráficos de sobrevivência de empresas referentes aos cenários 4, 5, 6 e 7 ..	87
FIGURA 26 – Gráficos de sobrevivência de empresas referentes aos cenários 8 e 9.....	88

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 SIMULAÇÃO BASEADA EM AGENTES (SBA)	15
21 Nomenclaturas existentes	15
22 Características da SBA.....	16
23 Conceituação de agente e ambiente	18
3 OBJETOS DE ESTUDO DO PROJETO DE SBA.....	22
31 Ambiente de açúcar (<i>SugarScape</i>)	22
32 Teoria de <i>stakeholders</i> versus teoria de <i>shareholders</i>	26
33 Confiança na formação de alianças em busca de novas oportunidades.....	28
34 Cooperação e o dilema do prisioneiro	31
35 Dilema do prisioneiro para <i>n-jogadores (n-players)</i>	36
4 MÉTODOLOGIA PARA PROJETOS DE SBA	39
5 CONSTRUÇÃO DO MODELO.....	43
51 Regras do ambiente artificial	43
52 Características básicas dos agentes	47
53 Dilema do prisioneiro para interação entre os agentes	51
54 Histórico de cooperação dos agentes	56
55 Perfis de conduta e estratégias adotadas.....	58
56 Duração de cada execução realizada	63
57 Botões de ajuste de parâmetros	64
6 EXECUÇÃO E ANÁLISE DA SIMULAÇÃO	67
61 Execução e análise de testes preliminares.....	67
62 Execução e análise de cenários propostos	71
63 Análises complementares	84
7 CONCLUSÃO.....	89

SUMÁRIO

81	Limitações.....	91
82	Pesquisas futuras.....	92
	REFERÊNCIAS	94
	ANEXO A – TELA DO <i>SOFTWARE</i> DE SIMULAÇÃO.....	98
	ANEXO B – CÓDIGO FONTE DO <i>SOFTWARE</i> DE SIMULAÇÃO	100

1 INTRODUÇÃO

Hipóteses sobre os relacionamentos de certos comportamentos individuais para construção de uma ordem macroscópica (sociedade) são difíceis de serem testadas porque certos tipos de experiências controladas (experiências de laboratório) são difíceis de serem realizadas. Como exemplo de tal desafio, podemos tomar a seguinte pergunta: como comportamentos individuais heterogêneos geram a ordem macroscópica global de uma sociedade? (EPSTEIN; AXTELL, 1996). Técnicas de modelagem e simulação baseada em agentes são aplicadas para estudo de fenômenos sociais humanos incluindo negociação, migração, formação de grupos, combate, interação com ambiente, transmissão de cultura, propagação de doenças e dinâmicas populacionais, permitindo, de certa forma, a realização de experiências controladas e análises de situações hipotéticas (SAKURADA; MIYAKE, 2009).

O avanço de tais técnicas de simulação e da infraestrutura necessária para sua viabilização (computadores, softwares, técnicas avançadas de programação e internet) permitiu o progresso das pesquisas sobre simulação em diversas áreas, incluindo as ciências sociais, havendo atualmente diversos trabalhos científicos publicados que tratam de simulação baseada em agentes e estudo de comportamentos sociais (BONABEAU, 2002; QUEIROZ, 2010).

É através do processo de socialização que as pessoas aprendem como interagir com outras e cooperar para obter seu próprio senso de identidade (FLIGSTEIN, 2001). Este processo modelado através de simulação baseada em agentes faz emergir formações sociais muitas vezes esperadas e em outros casos inesperadas. Principalmente nos casos inesperados, os modelos para simulação propostos são ajustados ou representam *insights* que permitem o avanço da teoria sobre simulação e sobre sociologia organizacional. Através da simulação baseada em agentes, são modelados diversos perfis de comportamento individual que devem se relacionar e interagir.

No caso da administração de empresas, as pesquisas envolvendo simulação baseada em agentes normalmente abrangem o estudo da interação de empresas dentro de um mercado ou um setor de indústria. O objetivo normalmente é a verificação da transferência de valores culturais, a formação de um campo organizacional ou a estruturação de um determinado mercado que emerge dada a interação de determinados perfis individuais de comportamento entre si e com o ambiente.

Em se tratando do relacionamento entre as empresas, muitos estudos propõem modelos que se assemelham com os estabelecidos e estudados pela biologia, são eles: competitivo, empresas que concorrem pela posse dos recursos; mutualismo, empresas que colaboram entre si para resultados benéficos para ambas; parasitismo, uma empresa obtém recursos da outra sem oferecer contrapartidas; neutralismo, empresas que não se afetam por conta de uma grande oferta de recursos; e comensalismo, empresa que protege outra ainda pequena (exemplo: uma subsidiária) enquanto esta menor ganha tamanho (CUNHA, 1993).

Esses relacionamentos entre as empresas afetam e são afetados pela reputação. A reputação, segundo Bitektine (2011), enfatiza atributos comportamentais específicos de uma empresa que pode ser inferida de seu passado ou da avaliação do seu desempenho passado. A reputação de cooperar ou não cooperar, dado o histórico de cooperação de empresas em interações ou formações de alianças passadas, interfere, como proposto por Axelrod (2010), na percepção de uma vantagem futura advinda de uma ajuda ou concessão do presente ou, ainda, como forma de retribuição de algo recebido no passado. As alianças entre empresas para complementação de competências e habilidades, como proposto por Porter (1990), são fundamentais para exploração de novas oportunidades em mercados como os intensivos em tecnologia. As empresas que atuam nesses mercados, e que possuem especialização cada vez maior, necessitam de complementaridade de habilidades através de formações de alianças, como proposto por Doz e Hamel (2000), para exploração de novas oportunidades de mercado e para sobreviverem no longo prazo.

As competências especiais de uma empresa, como proposto por Barney (1991), devem ser aprimoradas a cada conquista e adequadas à exploração de novas oportunidades de mercado que lhe permitem sobreviver. Tais competências especiais das empresas representam custos de obtenção, desenvolvimento e manutenção. As empresas possuem capacidades diferentes de percepção de novas oportunidades de mercado, chamadas recursos da firma. Tal capacidade de percepção varia de acordo com diversos fatores e é limitada, conforme proposta de racionalidade limitada de Simon (1991). Tais recursos são próprios e caracterizam as empresas.

A conduta das empresas baseada na gestão orientada ao atendimento dos objetivos de *stakeholders* ou de *shareholders* deve afetar as alianças e seus níveis de intensidade e fragilidade. Empresas precisam complementar suas competências, através da formação de alianças, para desenvolverem e explorarem oportunidades existentes. Empresas, diante de oportunidades de mercado que requerem tais alianças, podem cooperar ou não com as demais, de acordo com seus perfis de conduta estratégica e de acordo com a avaliação dos históricos

de cooperação de seus potenciais parceiros, como proposto por Axelrod (2010). Dessa forma, cabe um estudo, como o proposto por este projeto de SBA, de como o histórico de cooperação ou não cooperação afeta as alianças necessárias entre empresas que possuem condutas diferentes para exploração das oportunidades de mercado.

O estudo proposto possui como objetivo central verificar, através de simulação baseada em agentes, se dadas certas circunstâncias em um mercado que requer formações de alianças, como o intensivo em tecnologia, a cooperação entre as empresas nele inseridas pode ocorrer e se a conduta das empresas, em relação às teorias de *stakeholders* e de *shareholders*, influencia no sucesso e na sobrevivência dessas empresas ao longo do tempo. Tais circunstâncias estão relacionadas à competição do mercado, características internas de empresas nele inseridas, conduta das empresas nas formações de alianças e seu histórico de cooperar ou não cooperar ao longo do tempo. Esta modelagem utilizará como pano de fundo certas regras para agente e ambiente, idealizados por Epstein e Axtell (1996), incorporando outras regras que são baseadas em conceitos de cooperação, conduta estratégica das empresas e no dilema do prisioneiro para *n-jogadores*.

Para o alcance de tal objetivo, este estudo deverá responder às seguintes perguntas: “a cooperação pode emergir, dado certo modelo de simulação idealizado de mercado intensivo em tecnologia e conduta estratégica de empresas na formação de alianças?”; “A competição e a necessidade de sobrevivência afetam as estratégias das empresas em termos de cooperação e não cooperação?”; e “qual teoria, de *stakeholders* ou de *shareholders*, é mais aderente para a prática de uma empresa para que esta obtenha sucesso e sobreviva no longo prazo?”.

2 SIMULAÇÃO BASEADA EM AGENTES (SBA)

Este capítulo é destinado à realização de uma revisão bibliográfica sobre simulação baseada em agentes, apresentando as nomenclaturas utilizadas no meio acadêmico referentes ao tema, características inerentes a esta modalidade de simulação e outros aspectos concernentes às pesquisas sobre o tema.

2.1 Nomenclaturas existentes

Neste trabalho é usada a nomenclatura Simulação Baseada em Agentes ou seu acrônimo SBA, porém outros termos alternativos, segundo Smith, Goodchild e Longley (2007), podem ser encontrados na literatura para as diferentes ramificações de sua aplicação, dentre os quais podem ser citados como exemplos: Modelagem Baseada em Agentes (MBA), Modelagem Computacional Baseada em Agentes (MCBA), Simulação Social Baseada em Agentes (SSBA), Simulação Computacional Baseada em Agentes (SCBA), Modelagem Baseada em Indivíduos (MBI) e Simulação e Modelagem Baseada em Agentes (SMBA).

O termo Sistemas Multiagentes (SMA) é usado algumas vezes equivocadamente como sinônimo de Simulação Baseada em Agentes (SBA). O campo de SMA normalmente está relacionado à área de Inteligência Artificial e é usado mais frequentemente fora do campo das ciências sociais, por exemplo, em ciência da computação, para o desenvolvimento de softwares orientados a agentes (MACAL; NORTH, 2005). Já a SBA está basicamente interessada na modelagem do comportamento humano e tomada de decisão individual. Esse interesse gera a necessidade de se representar interações sociais, comportamento de grupo, colaboração e estruturas sociais complexas, demandando linguagens especializadas e pacotes para modelagem (EPSTEIN; AXTELL, 1996; SAMUELSON ; MACAL, 2006).

2.2 Características da SBA

A simulação, de uma forma geral, é uma técnica aplicada para se entender o comportamento de sistemas existentes, visando à avaliação de possíveis efeitos por alterações em regras de processo ou mudanças em sua configuração física. Já no caso específico da SBA normalmente se quer representar entidades (pessoas, recursos e objetos) com comportamento individual, descentralizado e autônomo que possibilitam a modelagem de elementos complexos de difícil representação, tais como comunicação, interação entre indivíduos e cooperação de recursos humanos (SAKURADA; MIYAKE, 2009). A SBA é particularmente apropriada para a realização de estudos onde o importante é o entendimento de processos e suas consequências. Possibilita o estudo de pontos que não são simples de se estudar através de outras formas de simulação e permite a representação de várias escalas de análises (individual e coletiva), a visualização da emergência de macroestruturas (estruturas sociais) a partir de ações individuais e a modelagem de processos relacionados à adaptação e à aprendizagem (GILBERT, 2008).

Esse tipo de simulação é caracterizado pela existência de muitos agentes interagindo uns com os outros, com pouca ou nenhuma direção, permitindo a análise de fenômenos das sociedades modernas (UHRMACHER, 1996). Estruturas sociais fundamentais e comportamento de grupos emergem da interação de indivíduos, operando em ambientes artificiais sob regras que colocam demandas limitadas como características dos agentes e da capacidade computacional. Esta abordagem apresenta a sociedade artificial como um laboratório do qual emergem estruturas sociais em um computador, sendo possível a observação de como os agentes individuais (pessoas, bactérias, insetos, nações ou organizações) interagem entre si e com seu ambiente. A simulação no computador é usada para descobrir propriedades do modelo e, assim, ganhar entendimento dentro de um processo dinâmico, o que seria muito difícil de modelar com técnicas matemáticas padrão. Em geral esses experimentos em computador são formados por três ingredientes básicos: agentes, ambiente ou espaço físico e regras de comportamento (EPSTEIN; AXTELL, 1996).

A SBA também permite análises do resultado da interação entre indivíduos e instituições. Institucionalização, segundo Motta e Vasconcelos (2002), é um processo de fabricação de verdades, ou ainda, um conceito institucionalizado é algo tomado como certo. O conceito torna-se uma verdade aceita naturalmente para os membros do grupo social, inspirando suas ações e práticas sociais. Algumas estruturas sociais, ou instituições, podem

emergir como resultado da interação entre os agentes. A SBA também permite análises do resultado da interação entre indivíduos e instituições no processo de institucionalização. As instituições, quando formadas, podem influenciar o comportamento dos agentes e determinar os caminhos das estruturas sociais emergentes futuras (EPSTEIN; AXTELL, 1996).

O processo de institucionalização é composto de três momentos (BERGER; LUCKMANN, 2009): externalização, a análise do impacto das ações dos indivíduos sobre os outros e o ambiente; objetivação, a percepção da realidade que deve aceitar; e internalização, a interiorização dessas estruturas cognitivas, regras, valores e modelos, determinando a estrutura subjetiva de consciência transmitida pelo grupo social por processos de socialização primária e secundária para os demais indivíduos. Os dois primeiros momentos ocorrem como resultado das regras de comportamento dos agentes e das interações agente-agente e agente-ambiente. O terceiro momento, internalização, é consequência das regras e das interações, e podem ainda ser conceituadas, como sugerido por Epstein e Axtell (1996), como propagação de cultura. Esses conceitos sobre o processo de institucionalização e propagação de cultura são úteis para a modelagem dos estados e regras de comportamento dos agentes para determinação das interações entre os indivíduos e destes com o ambiente.

A SBA também permite a aplicação do modelo de racionalidade limitada, proposta por Simon (1991). Os agentes não possuem informação global e não têm infinito poder computacional. Normalmente o agente utiliza-se de regras simples baseadas em informação local. Pode ser constatado o resultado macroscópico de uma série de interações locais entre agentes. Sistemas sociais, como redes de troca, são essenciais nesta arquitetura e modelagem. Esses sistemas são distribuídos, assíncronos e descentralizados e possuem diferentes dinâmicas de conexão (EPSTEIN, 1999).

Muitos modelos de estratégia empresarial para simulação, como a teoria dos jogos, por exemplo, foram construídos com agentes possuidores de racionalidade instrumental e utilizando capacidade computacional ilimitada. Um ponto a ser questionado nesses modelos é o altruísmo, isto é, pessoas ajudam outras ao seu redor sem ter como troca recompensas materiais. Grupos podem se empenhar para promover os interesses comuns de seus membros através de formação de cartéis e alianças. Existe uma tendência sistemática dos membros desses grupos de contribuir um pouco para o bem comum. Alguns podem contribuir mais que outros e alguns grupos podem se valer de coerção e incentivos para obrigar ou persuadir seus membros a contribuir. A SBA pode proporcionar o avanço no estudo de comportamentos existentes nas relações humanas e que não podem ser explicados através do uso da teoria econômica neoclássica (GOTTS; POLHILL; LAW, 2003).

2.3 Conceituação de agente e ambiente

Agentes são os indivíduos da sociedade artificial. Podem agir de maneira deliberativa, puramente reativa ou, ainda, podem agir da forma combinada de ambas as possibilidades. Suas características principais dizem respeito ao grau de autonomia, já que os agentes não devem carecer de qualquer intervenção ou guia no decorrer do progresso de suas ações (SHOHAM, 1993). Cada agente possui dois atributos: estados e regras de comportamento. Alguns estados são fixos ao longo da vida do agente, enquanto outros são modificados durante as interações que ocorrem com os demais agentes e com o ambiente ao longo do tempo. Os movimentos (mudanças de posição), interações e mudanças de estado são determinadas pelas regras de comportamento embutidas nos agentes e no espaço (EPSTEIN; AXTELL, 1996).

Macal e North (2005) apresentam agentes como sendo entidades que possuem algumas características comuns. Normalmente são indivíduos identificáveis (como se possuíssem um número de identificação) e que carregam um conjunto de características e regras que governam seu comportamento. Possuem capacidade de tomada de decisão, são capazes de interagir com outros agentes, possuem protocolos de interação (comunicação, troca, reprodução etc.) e capacidade de responder ao ambiente. Os autores ainda destacam nos agentes o direcionamento para o alcance de um objetivo, autonomia, pró-atividade, flexibilidade e habilidade para aprender e adaptar-se ao longo do tempo com base em experiências obtidas, dada a configuração de certas regras de comportamento passíveis de serem modificadas por regras adicionais.

Epstein (1999) destaca ainda como ponto importante com relação à configuração dos agentes o sequenciamento das ações a serem realizadas por eles, já que a ordem com que as ações são executadas pode influenciar o resultado da simulação.

Os agentes no ambiente artificial interagem constantemente. Conte e Castelfranchi (1992 apud SICHMAN, 1998) apresentam duas abordagens para modelagem dessas interações sociais: *top-down*, onde os agentes são concebidos para ter um problema global a ser resolvido. Essa concepção favorece a cooperação. As interações sociais, nesse caso, são normalmente guiadas por uma estrutura organizacional pré-estabelecida, que os conduz ao alcance de objetivos globais. Na segunda abordagem, chamada *bottom-up*, os agentes não possuem objetivos comuns. As interações sociais ocorrem como resultado de seus esforços

para o alcance de objetivos individuais. Não há cooperação ou estruturas organizacionais pré-estabelecidas inicialmente.

Uma estrutura organizacional que é dinamicamente construída no modelo *bottom-up* é chamada de coalizão. A coalizão pode ser classificada em dois grupos: baseado em utilidade, quando a sociedade é vista como formada pelo princípio da guerra de todos contra todos. Nesses casos os agentes limitam a autonomia, o poder e as realizações uns dos outros. Já no segundo grupo, baseado em complementaridade, é considerada a possibilidade de os agentes possuírem habilidades complementares que podem permitir maior alcance dos objetivos de cada agente. No caso desse modelo, a cooperação entre os agentes para o logro de objetivos individuais é verificado, pois, no caso de um agente não poder alcançar seu objetivo sozinho, existe a possibilidade de ele recorrer ao apoio de outros para sua realização (CONTE; SICHMAN, 1995).

Os agentes podem dinamicamente estabelecer coalizões baseadas em dependência, como forma de se adaptarem às condições de mudança da sociedade, através da escolha de diferentes metas, planos e parceiros e pela detecção e revisão de informação incorreta ou incompleta que podem ter uns dos outros. A capacidade de adaptação é um dos aspectos essenciais do mecanismo de raciocínio social de um agente, pois as relações de dependência permitem a um agente saber quais objetivos são possíveis de alcance e quais planos são factíveis a qualquer momento. Como resultado, um agente pode usar seu mecanismo de raciocínio social para encontrar dinamicamente um objetivo para perseguir e um plano para alcançar, analisando se cada habilidade necessária para realização de tais planos e objetivos está disponível na sociedade. O modelo de formação de coalizão introduz a noção de situação de dependência que permite a um agente avaliar a propensão de outro compartilhar seus objetivos. Assim, cada agente pode escolher de forma mais efetiva suas parcerias, já que nem todos os agentes podem estar suscetíveis à adoção dos objetivos uns dos outros (SICHMAN, 1998).

Outro ponto importante com relação ao mecanismo de raciocínio social de um agente é o modelo de revisão de opinião (*belief revision*), que tem por consequência, após interações, a possível detecção de sua representação de outros como inconsistente. As interações entre os agentes permitem a avaliação de suas informações sobre os demais, pois, durante tais interações, torna-se possível detectar se as informações estão incorretas ou incompletas, permitindo a revisão das informações sobre os demais (SICHMAN, 1998).

Os agentes deliberativos refletem antes de agir, ou seja, planejam antes de uma determinada ação. Possuem certo estado mental que lhes permite raciocinar a respeito deles

mesmos e a respeito do ambiente onde estão inseridos. São chamados de agentes baseados em planejamento (*plan-based*). O estado mental de um agente também permite o estabelecimento de diferentes estratégias de comunicação com os demais agentes presentes no ambiente (UHRMACHER, 1996). Os estados mentais são estruturados a partir de comportamentos, objetivos individuais ou coletivos e capacidades individuais que interagem.

Agentes do tipo reativo são aqueles que apenas tentam lidar com seu ambiente, reagindo às possíveis variações externas existentes quando planejam seus próximos passos. Estes são chamados de agentes baseados em comportamento (*behavior-based*) (UHRMACHER, 1996). Reagem às mudanças de seu ambiente externo e interagem com os demais agentes quando estimulados e não para estabelecimento de estratégias, como o tipo deliberativo. A simulação com agentes reativos se conforma através da redução de sua situação de autonomia de ação (ROSENSCHEIN; KAELBLING, 1995).

Para ampliar os limites de entendimento sobre agentes, podem-se tomar os insetos sociais (formigas e abelhas, por exemplo) que são capazes de solucionar problemas coletivos e complexos, apesar de serem organismos simples. Essas sociedades de insetos são alvo de interesse dos estudos sobre SBA por sua similaridade, em termos estruturais, às sociedades humanas. A inteligência dessas sociedades está na rede de interações entre os indivíduos e entre estes e o ambiente onde estão inseridos. Assim como no caso dos insetos, os agentes atuam através de regras simples em um ambiente, neste caso artificial, apresentando certos comportamentos coletivos na procura por soluções para complexos problemas organizacionais (BULLINGTON, 2009).

Esses tipos de insetos também conduzem interações sociais de nível individual e estas podem prover alguns *insights* para as pesquisas em SBA. O que atrai as pessoas a iniciar uma relação com outras, segundo Bullington (2009), pode ser explicado através de três variáveis que determinam a atração: proximidade, atração física e similaridade. Em regras simples de comportamento, como interação, alcance de visão e movimentação no ambiente é possível estabelecer, em uma SBA, réplicas destas três variáveis que determinam a atração.

Ambiente ou espaço que separam os agentes é o local onde estes operam e interagem uns com os outros. O ambiente também possui regras que influenciam na maneira como os agentes irão se movimentar, operar e interagir. Para a emergência de uma sociedade artificial, é necessária a liberação de um estado inicial para tal sociedade, *setup* do ambiente, com uma população inicial de agentes (QUEIROZ, 2010). As interações ocorrem segundo as regras de comportamento dos agentes e do espaço existentes e assim é possível se observar a reorganização da sociedade macroscópica. Seres humanos podem estar conectados de várias

maneiras, entre elas estão as ligações genealógicas, culturais e econômicas, formando complexas, conflituosas e interessantes comunidades ou redes sociais que se transformam constantemente (EPSTEIN; AXTELL, 1996).

A diferença entre sociedade artificial e os modelos matemáticos tradicionais (como a teoria dos jogos) é o fato de que os modelos tradicionais criam subgrupos ou subpopulações, para um determinado estudo de uma população, que possuem características homogêneas dos indivíduos em cada um deles, enquanto que, nas sociedades artificiais, podem ser assumidas distribuições heterogêneas de espaço para os agentes e cada um deles pode ter suas próprias peculiaridades genéticas e culturais. Com a passagem do tempo, em uma sociedade artificial, pressões de seleção ocorrem no sentido de alterar a distribuição e o perfil da população resultante (EPSTEIN; AXTELL, 1996).

3 OBJETOS DE ESTUDO DO PROJETO DE SBA

Os modelos para SBA são construídos através de linguagem computacional e possuem como propósito responder a um grupo de perguntas de pesquisa bem definidas. As perguntas de pesquisa de um projeto de simulação de sociedade definem o modelo final a ser obtido (CIOFFI-REVILLA, 2010).

A modelagem e consequente resposta das perguntas de pesquisa dependem de como são construídas as regras de estado e comportamento dos agentes e da configuração e regras do ambiente artificial no qual os agentes irão atuar. Alguns conjuntos de regras são básicos e comuns a uma série de modelos e outros foram criados para a solução de problemas específicos, mas podem proporcionar *insights* para modelagem de cenários ainda não explorados.

Este capítulo aborda o ambiente de açúcar, ambiente artificial utilizado no projeto proposto por este trabalho, e as teorias sobre cooperação, o dilema do prisioneiro, gestão, conduta e formação de alianças entre empresas, com a finalidade de orientar a modelagem da simulação proposta. O projeto de simulação pode definir estratégias diferentes para cada agente no *setup* da simulação, permitindo, dessa forma, mesclar diversas condutas de agentes interagindo simultaneamente no ambiente artificial.

Como proposto por Queiroz (2010), cada atributo e regra criados durante a modelagem devem ser comparados com a teoria existente sobre o assunto, podendo resultar em *insights* que permitem o avanço da teoria. Desse modo, os resultados obtidos ao final da execução da simulação poderão ser analisados e comparados com as teorias que embasaram a modelagem.

3.1 Ambiente de açúcar (*SugarScape*)

Epstein e Axtell (1996) propuseram um ambiente de SBA onde o recurso natural vital para os indivíduos nele inseridos é o açúcar. Este açúcar fica distribuído de forma aleatória por todo o ambiente e é a motivação básica para que os agentes se movimentem, interajam e sobrevivam. Algumas configurações básicas são estabelecidas inicialmente e certas regras

complementares são adicionadas conforme aumenta a necessidade de análise e de respostas a serem obtidas.

A distribuição geográfica dos agentes é aleatória por todo o ambiente que é desenhado contendo uma série de posições batizadas por coordenadas cartesianas “x” e “y”. Nunca dois agentes ocupam a mesma posição ao mesmo tempo e o nascimento dos agentes (*setup* da execução da simulação) é aleatório, podendo um agente ocupar um local com alta ou baixa disponibilidade de açúcar.

O consumo individual de açúcar de cada agente para sua sobrevivência é estabelecido pelo seu metabolismo e é a sua motivação básica para movimentação para outra posição. Movimentar-se está relacionado à busca de mais açúcar e consequente manutenção de sua existência. Caso o açúcar acabe, o agente desaparece, ou seja, morre.

São necessárias as atribuições de metabolismo e alcance de visão como sendo estados básicos de um agente. É estabelecido aleatoriamente para cada agente um valor de metabolismo em uma escala de 1 a 4 unidades de açúcar por ciclo de execução da simulação. Os agentes com maior valor de metabolismo requerem mais açúcar para sua sobrevivência. O agente pode acumular todo o açúcar de sua posição atual, mas parte dele é consumida pelo metabolismo.

A procura por um local vazio que contenha açúcar torna o alcance de visão necessário para que um agente se movimente. A racionalidade limitada pode ser verificada através desta configuração, já que os agentes não podem visualizar, a cada ciclo, todo o ambiente em busca de açúcar. A cada agente é atribuído aleatoriamente em seu nascimento um valor de alcance de visão, podendo variar de 1 a 6 posições de distância. A cada ciclo da simulação, cada agente pode se mover para qualquer posição visível pelo seu alcance de visão (desde que tal posição esteja vazia), sendo assim, o campo de visão corresponde a um atributo de visão e de movimentação.

Outro ponto importante a ser definido com relação a alcance de visão em um projeto de SBA é a percepção da vizinhança. Tanto Epstein e Axtell (1996) como Gotts, Polhill e Law (2003) citam como práticas comuns, utilizadas por diversos autores e praticantes de SBA, dois possíveis conceitos: vizinhança de Von Neumann e vizinhança de Moore. A figura 1 apresenta os dois conceitos de vizinhança: o primeiro, onde um agente só enxerga os quatro lados (norte, sul, leste e oeste) sem poder enxergar posições na diagonal; e o segundo, que inclui as diagonais na visão do agente.

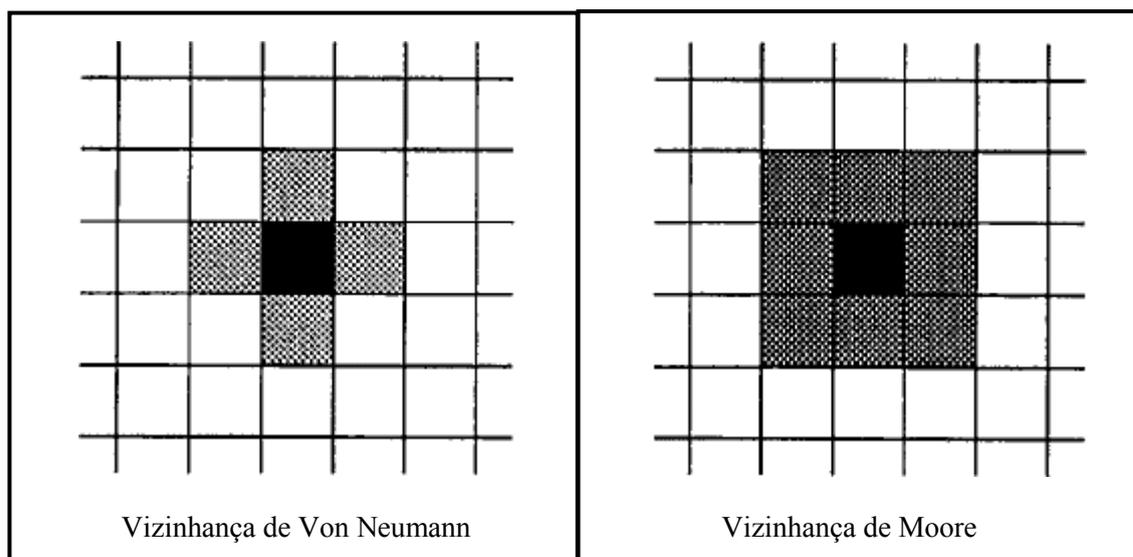


Figura 1 – Vizinhaça de Von Neumann e vizinhaça de Moore.
 Fonte: Autor “Adaptado de” Epstein e Axtell, 1996, p. 39.

Estabelecidos o alcance e as direções de visão possíveis (vizinhaça) para os agentes, as regras para locomoção no ambiente de açúcar podem ser determinadas. A cada rodada da simulação, cada agente deve identificar a posição, segundo as regras já estabelecidas de alcance e direção, que possui a maior quantidade de açúcar. Caso exista mais de uma posição que atenda a regras, o agente deve se movimentar para a posição mais próxima. Sendo assim, as regras de movimentação modeladas no ambiente de açúcar estabelecem a movimentação para a posição desocupada com maior quantidade de açúcar disponível e que esteja dentro dos limites do alcance de visão do agente.

A figura 2 exemplifica a escolha de posição de um agente para sua movimentação, baseando-se na quantidade de açúcar disponível e no alcance de visão. O agente “A₀” possui o alcance de visão de 2 unidades (posições de coloração cinza) no conceito de vizinhaça de Von Neumann. A posição que contém maior quantidade de açúcar e que está disponível, ou seja, sem qualquer agente presente, é a destacada por um círculo. Dessa forma, o agente “A₀” deve se deslocar para tal posição e se apropriar das 3 unidades de açúcar existentes no local.

Ao se movimentar para a nova posição, cada agente deve acumular todo o açúcar existente ali e consumir o seu metabolismo. Caso o agente não tenha acumulado açúcar suficiente para o seu metabolismo, ele morre. Após a movimentação do agente, o nível de açúcar da posição desocupada é restabelecido.

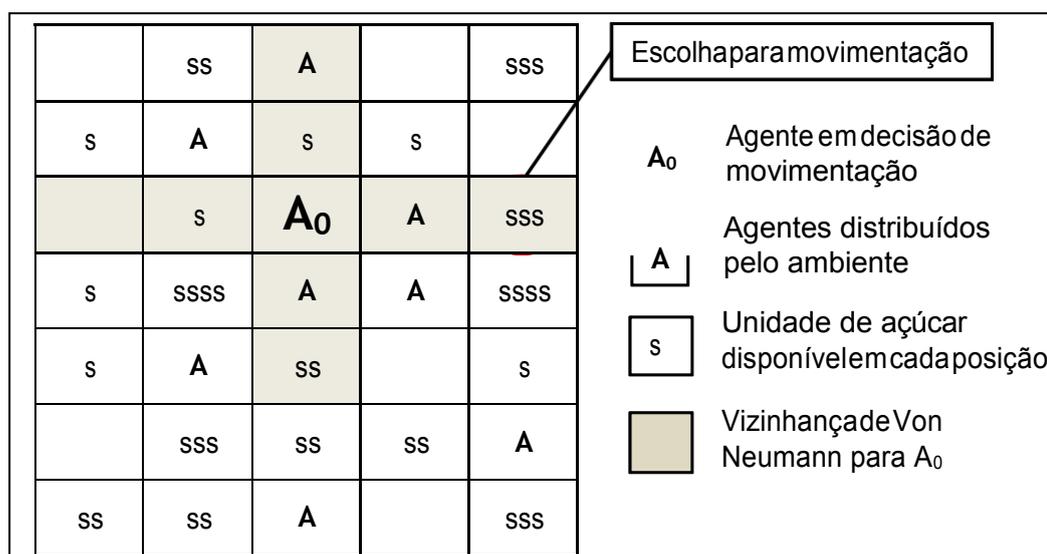


Figura 2 – Alcance de visão e decisão de movimentação de um agente.
 Fonte: Autor.

Epstein e Axtell (1996) utilizaram este modelo básico para testar o conceito de *Carring Capacity* ou capacidade suportada pelo ambiente. Esse conceito pode ser entendido como sendo a capacidade de o ambiente se restabelecer após a extração de seus recursos pelo agente. Para tal teste foram realizadas simulações com dois modelos de restabelecimento para o nível de açúcar consumido. O primeiro caso, mais simples, estabelece que o nível de açúcar da posição desocupada seja restabelecido ao nível original (inicial) e, no segundo caso, estabelece que o nível de açúcar seja restabelecido ao nível original reduzido de 1 unidade. Dessa forma, foi possível perceber que, no segundo caso, em que a capacidade de restabelecimento do ambiente é menor, após algumas rodadas da simulação, restaram menos agentes vivos dispersos no ambiente de açúcar.

Outras questões como longevidade, reprodução, herança genética, migração, poluição ambiental, transmissão de cultura, combate, transmissão de doenças, imunidade, relações de comércio e comércio à base de crédito são também alvo de estudo e discussão por Epstein e Axtell (1996) dentro do ambiente de açúcar, mas tais questões não são abordadas neste trabalho por não integrarem o modelo proposto por este estudo.

3.2 Teoria de *stakeholders* versus teoria de *shareholders*

Cabe na discussão sobre as teorias dos *stakeholders* e dos *shareholders* a generalização da conduta das firmas inseridas em seus ambientes em relação à interação com as demais, com a sociedade, com o meio ambiente, com os acionistas e com outros grupos ou indivíduos que percebem tais firmas, são afetados por elas ou as afetam.

Stakeholders são os agentes da sociedade que têm algum interesse em um dado negócio, mesmo que não sejam os únicos ou nem mesmo os principais interessados nesse negócio (FREEMAN, 1994). Desta maneira, a teoria dos *stakeholders* está cada vez mais alinhada com a realidade atual das empresas, pois, em um mercado competitivo, o papel do *stakeholder* é fundamental para a perpetuação e o desempenho das empresas (HART; MILSTEIN, 2003). As atividades das empresas não se limitam a atender aos interesses de seus proprietários e controladores, mas também a todos que possuem algum tipo de interesse em suas atividades. Uma visão interna, individualista ou de proteção de seus interesses pode não ser viável para as empresas e seus gestores, pois é preciso que sejam observados critérios externos a elas para a obtenção de sucesso e maior rentabilidade (FREEMAN, 1994).

Já a teoria dos *shareholders* destaca que os administradores devem direcionar seus esforços em favor da empresa para que consigam obter os melhores resultados possíveis e consequentemente fazer o valor das ações aumentar no mercado acionário, satisfazendo as necessidades dos acionistas. A empresa tem como objetivo principal agregar valor aos detentores de ações da empresa (JENSEN, 2001). A teoria dos *stakeholders* defende que a empresa deve atender às necessidades de todas as partes envolvidas e a teoria do *shareholders* defende que a empresa deve atender exclusivamente ao acionista.

Objetivos servem como norteadores para a tomada de decisão por parte dos gestores de uma empresa. Até o final do século passado, a teoria da firma e suas evoluções possuíam foco nos *shareholders*. Mais recentemente, a teoria dos *stakeholders* constituiu-se como uma alternativa e ampliou o foco dos *shareholders* para os *stakeholders*. O conceito inicial do termo *stakeholder* era designar todos os grupos sem os quais a empresa deixaria de existir, incluindo acionistas, empregados, clientes, fornecedores, credores e a sociedade (BOAVENTURA et al., 2009).

Segundo Jensen (2001), existe contradição entre a teoria dos *stakeholders* e a maximização do lucro. Normalmente uma empresa busca maximizar seu valor e, conseqüente, minimizar os custos. Atividades exigidas por *stakeholders* demandam aumento de custos e, se

esse aumento não demandar aumento de valor, estará descartada da estratégia da empresa a sua adoção. Como é impossível para uma empresa obter sucesso perseguindo vários objetivos, adotar o que todos os *stakeholders* desejam é apenas uma maneira de comunicar que existe uma participação de todos no processo de condução da empresa, somente com o intuito de agregar valor à imagem da empresa, visando a satisfazer a teoria da maximização, uma vez que a comunicação entre gestores, empregados, clientes, fornecedores e comunidade é muito difícil e custosa por tratar-se de um sistema extremamente complexo e delicado. Para Boaventura et al (2009), a teoria dos *stakeholders* também é falha no aspecto moral, uma vez que as obrigações fiduciárias estão restritas aos *shareholders* e apenas estes deveriam ter direito aos benefícios.

Para Hart e Milstein (2003), a empresa deve agregar valor ao acionista, seguindo a linha da teoria dos *shareholders*, porém tal empresa possui a necessidade de manter seu desempenho atual sem perder o foco no futuro. Essa necessidade faz com que a empresa busque resultados tanto no curto como no longo prazo, contrapondo as necessidades de manutenção das características e habilidades organizacionais que a levaram à prosperidade e tomando como importante outros grupos e indivíduos dos quais a empresa depende para obtenção de resultados no longo prazo.

Perfil de conduta de uma empresa	Teoria representada	Objetivos básicos
Maximizador	<i>Shareholders</i>	Maximização dos lucros para os acionistas
Equalizador	<i>Stakeholders</i>	Obtenção de lucros para os acionistas com acomodação de interesses dos demais envolvidos

Quadro 1 – Correspondência entre conduta das empresas e as teorias dos *shareholders* e *stakeholders*.
Fonte: Autor.

Analisando-se os aspectos que caracterizam as duas teorias apresentadas e as críticas que estas recebem, é possível verificar de forma simplificada que a teoria dos *shareholders* trata as empresas como entidades que procuram maximizar seus lucros em detrimento das necessidades dos demais em sua volta. Já na teoria dos *stakeholders* existe uma visão de acomodação de resultados para todos os envolvidos com a empresa. Essa equalização não significa que a empresa não procure o lucro, porém há uma visão complementar de que, além

dos acionistas, existem outros grupos ou indivíduos, internos ou externos, que precisam ser atendidos e respeitados.

Dados os dois modelos de empresas, um alinhado com a teoria dos *shareholders* e outro com a teoria dos *stakeholders*, serão criados neste trabalho de SBA agentes com condutas (que apresentaremos com o nome de perfis de conduta) maximizadoras e equalizadoras, representando os dois enquadramentos discutidos por essas teorias para a análise dos resultados do comportamento e interações entre empresas. Esses enquadramentos serão representados pelos agentes com tais perfis no ambiente artificial a ser criado. O quadro 1 apresenta a correspondência entre os perfis de conduta das empresas e as teorias que estes representam.

3.3 Confiança na formação de alianças em busca de novas oportunidades

Atualmente, as empresas, tendo em vista a globalização, o aumento da competitividade e a incerteza, não podem mais competir de maneira isolada no mercado, tendo que se unirem a outras através da formação de alianças estratégicas. Nessas alianças, cada um dos parceiros, com seus recursos e habilidades específicas, complementam as demais, aumentando suas vantagens competitivas (GULATI; NOHRIA; ZAHEER, 2000). Doz e Hamel (2000, p. 1) argumentam que a competição em um mercado globalizado está obrigando as empresas a formar alianças estratégicas, como pode ser visto no trecho abaixo:

Forças poderosas estão obrigando a formação de alianças estratégicas entre empresas na economia mundial. O movimento em direção à globalização abriu muitas novas oportunidades para as empresas, dando início a uma competição desesperada pelo mundo por parte dos principais fornecedores globais de todas as coisas, de cartões de crédito a telecomunicações. Uma vez que tenham entrado no jogo, muitos se encontram frente a frente com ambiciosos atores globais, assim como concorrentes locais cujos governos nacionais a eles simpáticos restringem o acesso ao mercado a uns poucos escolhidos.

A teoria baseada nos recursos da firma é uma das questões centrais nos estudos de estratégia, conectando o desempenho de uma empresa às suas competências especiais, que combinam aspectos humanos, físicos, marcas, entre outros. Esta abordagem baseada em recursos para gestão estratégica foca na dificuldade de cópia de atributos internos da empresa como uma fonte de rentabilidade e, conseqüentemente, como um direcionador para o

desempenho e vantagem competitiva (BARNEY, 1991). Porém, tais competências especiais, originadas dos recursos idiossincráticos de uma firma isoladamente, podem não ser suficientes, dados a velocidade, a complexidade e o aumento da incerteza do mercado, tornando necessárias composições de competências através de alianças estratégicas entre duas ou mais empresas (DOZ; HAMEL, 2000).

O movimento de globalização, juntamente com os avanços tecnológicos e o aumento da velocidade e da qualidade da informação, altera rapidamente e drasticamente os mercados existentes e aumenta a velocidade da concorrência. Esses fenômenos fazem as alianças essenciais para que as empresas desenvolvam e aproveitem as oportunidades de mercado. Em geral, tais oportunidades exigem a fusão de habilidades e recursos que uma única empresa raramente possui integralmente sozinha (DOZ; HAMEL, 2000). As alianças se originam de necessidades em comum que duas ou mais empresas possuem, como redução de custos ou diferenciação de produtos (PORTER, 1990).

Principalmente em indústrias intensivas em tecnologia, as alianças criam valor para as empresas, permitindo que elas estabeleçam novos padrões de mercado, obtenham lucros acima da média da indústria e aumentem seus poderes de influência mais do que conseguiriam com os seus tamanhos e recursos isoladamente (PORTER, 1990). Algumas competências de uma empresa, como a aprendizagem e o relacionamento com outras empresas, assumem um papel central na manutenção da vantagem competitiva no longo prazo. As competências e capacidades dinâmicas das empresas estão ligadas aos seus processos, moldados em sua posição e caminhos. Essas competências só poderão gerar vantagem competitiva e receita se elas forem baseadas em um conjunto de roteiros, habilidades e ativos complementares de difícil imitação (TEECE; PISANO; SHUEN, 1997).

As alianças possuem as mais variadas motivações: prestação de serviços, desenvolvimento de produtos, obtenção de recursos financeiros e tecnológicos, aprendizagem, desenvolvimento de competências, entre outros. As organizações procuram satisfazer seus objetivos a partir de interações estratégicas com as demais (BRONZO; HONÓRIO, 2005). As estratégias são estabelecidas com foco em algumas poucas competências. A especialização cada vez maior das empresas reforça mais a necessidade de complementaridade de habilidades através de alianças competitivas. Tais alianças permitem a composição de competências de cada empresa. Ao mesmo tempo em que uma empresa contribui para a aliança com suas habilidades e recursos, ela extrai das demais habilidades e recursos de que necessita (DOZ; HAMEL, 2000). Ao mobilizar capacidades e recursos para operar em um ambiente concorrencial profundamente redesenhado, as empresas estariam buscando

estabelecer e manter alianças mais eficazes com outras empresas, com a finalidade de assegurar a sua própria sobrevivência ou incrementar a sua competitividade (DIMAGGIO; POWELL, 1983).

“Todo parceiro de aliança realiza compromissos de interesse próprio na busca de seus próprios objetivos” (DOZ; HAMEL, 2000, p. 89). Tal busca pode promover a rivalidade entre tais parceiros, comprometendo o alinhamento dos interesses que motivaram a aproximação das empresas. Essa incompatibilidade de objetivos pode fragilizar a base de cooperação necessária para que as empresas complementem suas competências no desenvolvimento e exploração das oportunidades de mercado que as motivaram a se unir (DOZ; HAMEL, 2000). A composição de competências, assim como os demais motivadores da formação de alianças estratégicas, requer confiança nas estruturas de relacionamento entre as empresas. Formas mais frágeis ou menos frágeis de confiança entre os agentes de cada uma das empresas revelam a natureza do relacionamento dentro das alianças formadas. As formas frágeis de confiança são suficientes para viabilizar certos tipos de transação, mas de forma limitada. Nesse caso, a confiança cumpre apenas o papel de simplificação das relações e geralmente é acompanhada por mecanismos mais formalizados de salvaguardas. Porém, quando a confiança entre as empresas em uma aliança é ampliada, pode ocorrer o desenvolvimento de estruturas de governança mais complexas e menos formalizadas (BRONZO; HONÓRIO, 2005).

Cunha e Melo (2006), através do estudo de empresas do setor de biotecnologia, afirmam que a confiança é instrumento vital para a realização de parcerias mais eficientes e verdadeiras. A confiança, ainda segundo os autores, é ainda mais importante e necessária em setores intensivos em tecnologia e inovação e apresentam dois domínios: das relações interorganizacionais e das relações interpessoais. O domínio interorganizacional depende do domínio interpessoal, já que são os indivíduos que formam as organizações e são responsáveis por suas interações. Os aspectos não racionais presentes na tomada de decisão e na conduta dos indivíduos influenciam os rumos, ações e estratégias adotados pelas empresas e, conseqüentemente, a forma com que as alianças empresariais ocorrem.

Confiança na formação de uma aliança entre parceiros com recursos que se complementam para exploração e desenvolvimento de oportunidades de mercado é fundamental e, muitas vezes, depende dos interesses em comum, de experimentação e pode ser influenciada pelo histórico de estratégias adotadas pelas empresas em alianças passadas. As interações entre os agentes neste projeto de SBA representam as alianças formadas entre parceiros para complementação de competências necessárias para a exploração do mercado.

3.4 Cooperação e o dilema do prisioneiro

O dilema do prisioneiro é originado de um conhecido problema sobre cooperação (PRADO, 1999). Existem várias versões sobre a história que o originou. Uma das versões trata, de maneira simplificada, do problema, através da história de dois ladrões que acabaram de ser presos. Não há provas conclusivas contra eles e a polícia vai conseguir condená-los a no máximo 1 ano de prisão. A promotoria oferece um acordo aos dois. Se um delatar, este fica livre por cooperar com a justiça e o outro fica preso por 5 anos. Mas se os dois cooperarem, ambos permanecem presos por 3 anos. Os dois não podem se comunicar e não têm como saber o que o outro vai fazer (PINTO; OSÓRIO; MUSSE, 2008).

Para cada um dos ladrões o melhor que pode ocorrer é a liberdade, mas para isso um dos ladrões deve trair seu parceiro, já que a única forma de ficar livre é cooperando com a justiça enquanto o comparsa se recusa a falar. A pior situação possível é ser traído e permanecer preso por 5 anos. A melhor solução em caso de lealdade entre os dois cúmplices é a condenação a 1 ano de prisão, mas para isso um ladrão tem que se manter quieto e confiar que o outro vai fazer a mesma coisa. Se não há confiança, a melhor linha de ação é cooperar com a justiça, há uma chance de sair livre de acusações e, na pior das hipóteses, os dois vão cumprir uma pena intermediária de 3 anos (PINTO; OSÓRIO; MUSSE, 2008).

O dilema do prisioneiro tem atraído a atenção dos pesquisadores em ciência social por retratar de forma aprofundada uma situação paradoxal: a busca do melhor resultado por parte de cada jogador produz um resultado não ótimo do ponto de vista do conjunto dos dois jogadores (PRADO, 1999). É aplicável ao desenvolvimento de estratégias de cooperação utilizadas em uma ampla gama de situações que vai da escolha individual ao âmbito empresarial. A cooperação parece impossível de existir em um mundo individualista, mas ainda assim pode ser encontrada sob certas circunstâncias. A possibilidade de reencontro entre os dois jogadores em uma interação futura, por exemplo, pode promover a propensão à cooperação, mesmo na falta de incentivos individuais para tal ação. Muitas vezes, é preferível cooperar no presente com alguém capaz de um comportamento recíproco no futuro (AXELROD, 2010).

Ohdaira e Terano (2009) apresentam dois pontos como importantes nos estudos sobre o dilema do prisioneiro. O primeiro é referente à escolha da melhor estratégia para promover

o surgimento da cooperação. O segundo ponto trata da avaliação de quão estável é esta cooperação, após seu surgimento. Os autores ainda destacam o aparecimento de comportamento cooperativo em situações de negociação que envolve vários conflitos de interesse. Parte, senão todos, os participantes desta negociação geralmente não podem alcançar plena satisfação de seus desejos e, nesses casos, descartam a melhor opção individual. Dessa forma, podem escolher a segunda melhor opção para que sejam obtidos resultados positivos, mesmo não sendo ótimos, mantenham-se bons relacionamentos e possibilidades futuras de novas negociações e alianças.

A cooperação, dada a natureza humana e os desafios para sobrevivência (solidão, pobreza, brutalidade, entre outros desafios), parece impossível de emergir em uma sociedade sem que exista uma autoridade central. Consequentemente, surge a necessidade da existência de um governo. Mesmo assim, a cooperação pode se manifestar em situações onde não existe uma autoridade centralizadora. As alianças entre países exemplificam essa situação, porém tais alianças envolvem escolhas e trocas. Um país somente cede ou ajuda outro se visualizar uma vantagem ou concessão futura que lhe interessa, assim como um executivo em uma organização favorece outro em troca de um favor futuro. A cooperação emerge, nesses casos, através da percepção de uma vantagem futura advinda de uma ajuda ou concessão do presente ou, ainda, como forma de retribuição de algo recebido no passado (AXELROD, 2010).

Segundo Porter (1990), a cooperação entre empresas no compartilhamento de uma atividade que cria valor pode gerar vantagem competitiva para ambas. Isso ocorre quando tal atividade representa uma parte importante dos custos operacionais das empresas e o compartilhamento permite suas reduções. Também pode ocorrer caso o compartilhamento de atividades contribua para uma diferenciação que aumente a singularidade do produto ou reduza o custo de uma singularidade já existente.

A cooperação tem boa probabilidade de surgir quando há reciprocidade entre os jogadores, ou seja, quando um jogador ajuda o outro. O dilema ocorre quando essa ajuda é dispendiosa. Axelrod (2010, p. 160) destaca as avaliações de ganhos por parte dos jogadores para a tomada de decisão quanto à formação de uma aliança:

A oportunidade de ganho mútuo por meio da cooperação entra em jogo quando os ganhos pela cooperação do oponente são maiores que os custos da cooperação do próprio jogador. Neste caso, ambos preferem a cooperação mútua a não cooperação (a chamada deserção). Contudo, conseguir aquilo que prefere não é fácil e há dois motivos para isso. Em primeiro lugar, um jogador deve conseguir a ajuda do adversário, mesmo que o adversário esteja em melhor situação no curto prazo por não ajudar. Em segundo lugar, o jogador é tentado a conseguir qualquer ajuda possível que não implique em custos a si.

Normalmente dois jogadores, inseridos no jogo do dilema do prisioneiro, são naturalmente egoístas e incentivados a não cooperar, recebendo uma premiação menor do que receberiam em caso de mútua cooperação. Isso se verifica principalmente nos casos onde ocorre um número de interações finito entre tais jogadores. Em caso de indefinido número de interações entre os jogadores, a cooperação pode emergir. Nesse caso, um jogador pode se arriscar a cooperar, mesmo sem a certeza da ação do outro jogador, já que existe a possibilidade de uma nova de interação futura (AXELROD, 2010).

Um jogador pode reconhecer e lembrar a conduta do seu oponente em interações anteriores, desta forma, o histórico das interações pode propiciar a escolha de uma estratégia de ação com relação a cooperar ou não com seu oponente. Assim sendo, é possível concluir que a cooperação pode se manifestar em situações onde os jogadores podem se encontrar outra vez. Isso possibilita que as escolhas feitas não apenas determinem os resultados, mas também influenciem as futuras escolhas dos jogadores. De qualquer forma, o futuro tende a ser menos importante que o presente. Isso se justifica pelo fato de os jogadores tenderem a preferir resultados menores no presente ao invés de investir em resultados ainda indefinidos para o futuro ou por existir sempre uma possibilidade de os jogadores não se encontrarem mais, incentivando a não cooperação e a maximização dos resultados imediatos (AXELROD, 2010).

Gotts, Polhill e Law (2003) discutiram várias regras, cenários e estratégias de ação de agentes para realização do modelo do dilema do prisioneiro no ambiente de SBA. Esse modelo requer que sejam estabelecidas condições e pesos para cada ação (cooperar ou não cooperar) e valores de resultado ou recompensa associados a cada ação escolhida pelos agentes. O resultado da cooperação mútua entre dois agentes em um ciclo de simulação estabelece 3 pontos que serão acumulados para cada agente. Para o caso da não cooperação mútua, o resultado estabelece apenas 1 ponto a ser acumulado para cada agente.

Os pontos acumulados por um agente após cada rodada da simulação pode ser analogamente comparado às unidades de açúcar do ambiente de açúcar, discutido anteriormente neste trabalho, representando, dessa forma, o enriquecimento ou o empobrecimento dos agentes e suas condições básicas de sobrevivência ou morte ao longo do tempo.

Para o caso da divergência de conduta entre os dois agentes do modelo do dilema do prisioneiro, durante uma rodada da simulação, terá acúmulo de 5 pontos o agente que não cooperou e o que cooperou não acumula nenhum ponto. Cria-se o ambiente com número

finito de agentes. Cada um irá acumulando pontos ao longo das interações. O quadro 2 apresenta os ganhos de cada jogador a partir de sua estratégia de ação adotada.

	Estratégias		Resultados	
	Jogador 1	Jogador 2	Jogador 1	Jogador 2
Situação 1	Cooperar	Cooperar	3	3
Situação 2	Cooperar	Não cooperar	Zero	5
Situação 3	Não cooperar	Cooperar	5	Zero
Situação 4	Não cooperar	Não cooperar	1	1

Quadro 2 – Resultados da disputa baseada no dilema do prisioneiro entre dois jogadores.

Fonte: Autor

Nota: Baseado em Gotts, Polhill, Law, 2003.

A movimentação de um agente ocorre normalmente após este ter se relacionado com todos seus vizinhos imediatos (seguindo o campo de visão inicialmente determinado pelo projeto de simulação) para o local vazio mais próximo. Caso este modelo seja parte de um projeto de simulação maior (como o ambiente de açúcar estudado neste trabalho, por exemplo) a regra de movimentação pode ser ajustada ou alterada para o atendimento de outras premissas.

As estratégias adotadas (comportamento) de cada agente para interagir com os demais ao longo da execução da simulação podem ser definidas de várias maneiras. Os autores destes modelos propuseram várias regras, algumas simples e outras complexas, para caracterizar as estratégias que podem ser adotadas pelos agentes vizinhos em suas interações ao longo de suas movimentações no ambiente artificial. O quadro 3 apresenta as possíveis estratégias que podem ser adotadas pelos agentes durante a execução de uma SBA do modelo do dilema do prisioneiro.

A estratégia TFT (Olho Por Olho em português) é a que apresenta maior sucesso em jogos e simulações envolvendo o dilema do prisioneiro. Sua robustez se dá por essa estratégia combinar gentileza, retaliação, clemência e clareza. A gentileza se manifesta através da ação inicial de cooperação, que permite, em caso de reciprocidade, a formação de uma aliança de confiança. A retaliação ocorre pela mudança de conduta em caso de não cooperação por parte do oponente. A clemência ocorre por ser possível mudança de comportamento de um oponente, até então não cooperador, fazendo o jogador em questão voltar a cooperar. A clareza é percebida pela rápida alteração de conduta em resposta à ação do oponente, conduta esta facilmente percebida (AXELROD, 2010).

A crítica a este modelo, estratégia TFT, está no fato de ele considerar apenas a última estratégia adotada pelo oponente para a decisão de conduta seguinte do jogador. Nesse caso, o histórico de interações está restrito a apenas uma rodada, mesmo quando o jogador e seu oponente já tenham se encontrado inúmeras vezes para interagir (AXELROD, 2010).

Nome	Descrição
Random	Cada agente coopera ou não coopera de forma aleatória com probabilidade de 50%.
ALL-D	O agente nunca coopera.
ALL-C	O agente sempre coopera.
TFT	A estratégia inicial é de cooperação. Então adota a mesma estratégia do agente da interação anterior.
GRIM	O agente coopera enquanto houver como recíproca a cooperação. Quando se deparar com uma não cooperação, o agente passa a não cooperar. Não muda mais sua estratégia.
Tat-for-tit	A estratégia inicial é de não cooperação. Então altera sua estratégia a cada vez que se deparar com uma não cooperação.
TF2T	O agente coopera nas duas primeiras interações. Adota a não cooperação caso o outro agente durante a segunda interação tenha não cooperado.
WSLC	Adota a estratégia aleatoriamente na primeira interação. Altera sua estratégia para não cooperação quando se deparar com uma não cooperação.
GTFT	O agente coopera enquanto houver como recíproca a cooperação. Quando se deparar com uma não cooperação, o agente altera, de forma aleatória, sua estratégia, seguindo a proporção de 1/3 para cooperação e 2/3 para não cooperação.
BLINKER	Alterna a estratégia de cooperação e não cooperação

Quadro 3 – Estratégias possíveis de serem adotadas por um agente no modelo do dilema do prisioneiro.
Fonte: Autor “Adaptado de” Gotts, Polhill, Law, 2003, p. 80.

Arend (2009) avaliou o efeito da informação sobre a reputação de uma firma em um modelo de aliança de duas empresas em um jogo interativo sobre o dilema do prisioneiro. Segundo o autor em seu modelo, a aliança é caracterizada quando da ocorrência simultânea de quatro situações: um acordo que envolva mais de uma firma (combinando seus recursos fora

de seus controles corporativos na busca do atendimento de objetivos mútuos); ocorrência de repetidas interações entre os mesmos parceiros; a obtenção de retorno trazido pela aliança depende das decisões e ações do parceiro; e o acordo voluntário, podendo este ser extinto a qualquer momento por qualquer um dos parceiros.

A modelagem sugeriu matematicamente que a reputação sobre os jogadores no jogo do dilema do prisioneiro aumenta a cooperação e que essa reputação não deveria reduzir a cooperação. Para testar tal modelo, foram realizadas experiências baseadas no dilema do prisioneiro, envolvendo um laboratório de informática de uma universidade contendo 20 estações de trabalho. A reputação consistia em quatro itens: histórico de cooperação, histórico de não cooperação, histórico de rompimento de aliança e o número de alianças estabelecidas em relação às alianças possíveis de serem estabelecidas.

O resultado do estudo de Arend (2009), de uma maneira geral, não corroborou a teoria existente ou aspectos intuitivos sobre o tema. Mostrou que reputação reduz a cooperação. Uma das explicações propostas pelo autor para os resultados obtidos é que de maneira contingencial a reputação é útil e benéfica apenas em jogos de aliança nos quais existe informação incompleta.

A conduta das empresas baseada na gestão orientada ao atendimento dos objetivos dos *stakeholders* ou dos *shareholders* deve afetar as alianças e seus níveis de intensidade e fragilidade. Empresas precisam complementar suas competências, através da formação de alianças, para desenvolverem e explorarem oportunidades existentes. Empresas, diante de oportunidades de mercado que requerem tais alianças, podem cooperar ou não com as demais, de acordo com seus perfis de conduta e de acordo com a avaliação dos históricos de cooperação de seus potenciais parceiros, como proposto por Axelrod (2010). Dessa forma, cabe um estudo, como o proposto por este projeto de SBA, de como o histórico de cooperação ou não cooperação afeta as alianças necessárias entre empresas que possuem condutas maximizadoras ou equalizadoras para exploração das oportunidades de mercado.

3.5 Dilema do prisioneiro para *n*-jogadores (*n*-players)

Dentro da Teoria dos Jogos, existe uma vertente chamada de *n*-jogadores (*n*-players) que estuda as disputas envolvendo, simultaneamente, mais de dois jogadores. No que se refere ao dilema do prisioneiro para *n*-jogadores, tal modelo é utilizado para se estudar populações

onde existem vários indivíduos interagindo entre si simultaneamente (mais de dois jogadores a cada interação) (ERIKSSON; LINDGREN, 2005). Com isso, o dilema do prisioneiro para *n-jogadores* ganha maior grau de complexidade dos cálculos referentes aos ganhos de cada indivíduo durante as disputas. O modelo de *n-jogadores* torna a matriz de ganho do dilema do prisioneiro complexa e mais próxima do que ocorre na natureza (DIAS; PINHEIRO; FRANCO, 2010).

Mantendo-se os valores das penas de prisão em caso de cooperação e não-cooperação, conforme o modelo original do dilema do prisioneiro (para dois jogadores), detalhado anteriormente neste trabalho, é possível a generalização para o caso de *n-jogadores*, conforme as equações abaixo (MANHART; DIEKMANN, 1989):

$$G_c = (3 * (N_c - 1)) / (N - 1) \quad \dots(1)$$

$$G_n = ((5 * N_c) + (1 * (N - N_c - 1))) / (N - 1) \quad \dots(2)$$

A equação (1) representa o ganho “G_c” de um jogador quando sua estratégia é de cooperação em determinada interação e a equação (2) representa o ganho “G_n” quando a estratégia do jogador é de não cooperação. A variável “N_c” representa o número de jogadores que cooperaram durante a interação em questão e “N” representa o número total de jogadores que participaram da disputa.

Ambas as equações representam a generalização do modelo para dois jogadores. Caso haja mútua cooperação, o resultado de “G_c” é 3. Para mútua não cooperação, o resultado de “G_n” é 1. Em caso de divergência de estratégia, o resultado de “G_c” (referente ao jogador que cooperou) é zero e o resultado de “G_n” (referente ao jogador que não cooperou) é 5.

O quadro 4 apresenta exemplos da matriz de ganhos de um jogador em interações do dilema do prisioneiro para *n-jogadores*, baseados nas equações (1) e (2). Cada um dos exemplos refere-se aos ganhos de um jogador, a partir de sua estratégia adotada, dependendo do número total de jogadores (“N”) e do número de jogadores que cooperaram (“N_c”). No caso de “N” igual a 2, os resultados para o jogador são exatamente iguais aos do modelo original do dilema do prisioneiro para dois jogadores. Assim como no modelo para dois jogadores, quando um jogador é o único a cooperar, independente do número de jogadores envolvidos na interação, seu ganho é zero. Caso este seja o único a não cooperar, seu ganho é de 5. Para mútua cooperação entre todos os jogadores, seu ganho é de 3 e, em caso de mútua não cooperação, seu ganho é 1.

N 2		Nc		
		0	1	2
Estratégia do jogador	Cooperação (Gc)	-	0	3
	Não Cooperação (Gn)	1	5	-

N 3		Nc			
		0	1	2	3
Estratégia do jogador	Cooperação (Gc)	-	0	1,50	3
	Não Cooperação (Gn)	1	3	5	-

N 4		Nc				
		0	1	2	3	4
Estratégia do jogador	Cooperação (Gc)	-	0	1	2	3
	Não Cooperação (Gn)	1	2,33	3,67	5	-

N 5		Nc					
		0	1	2	3	4	5
Estratégia do jogador	Cooperação (Gc)	-	0	0,75	1,50	2,25	3
	Não Cooperação (Gn)	1	2	3	4	5	-

Quadro 4 – Exemplo de ganhos de um jogador em uma interação do dilema do prisioneiro para n -jogadores.
Fonte: Autor.

Intencionalmente o quadro 4 apresenta exemplos em que o número de jogadores varia de 2 a 5. Durante a apresentação do modelo proposto por este trabalho, ficará claro que o número máximo de jogadores em um ciclo da simulação será de 5 (o agente em movimentação no ambiente artificial e no máximo mais 4 agentes em disputa com aquele em questão).

4 METODOLOGIA PARA PROJETOS DE SBA

Uma simulação de sociedade possui um conjunto de características, incluindo natureza formal, motivação científica na resposta de questões de pesquisa e caráter experimental. São modelos formais expressos por linguagem computacional e, como tal, são suscetíveis a considerações, regras e desafios comumente encontrados nos domínios da modelagem matemática nas ciências sociais (dinâmica de sistemas, teoria dos jogos, etc.) com necessidades adicionais por tratar-se de simulação (CIOFFI-REVILLA, 2010).

O modelo de simulação é construído com o propósito de responder a um grupo bem definido de perguntas de pesquisa. As perguntas de pesquisa de um projeto de simulação de sociedade definem o modelo final a ser obtido. Projetos complexos de SBA têm uma série de aspectos que os distinguem de outros projetos de simulação (CIOFFI-REVILLA, 2010):

- a) Complexidade Sócio-tecno-natural. O sistema a ser simulado é fundamentalmente complexo, consistindo de um conjunto de interações sociais, como no ambiente natural que possui certas dinâmicas físicas e biológicas. Esse sistema é composto por uma variedade de componentes vivos e inertes, como pessoas, crenças, grupos, história, terra, vegetação, água e clima, todas elas interagindo entre si;
- b) Complexidade multiescala. O sistema a ser simulado é fundamentalmente constituído de múltiplos níveis de escala de tempo. Eventos podem ocorrer e fenômenos emergir na escala de segundos ou apenas depois da sucessão de várias gerações. Decisões tomadas por agentes ocorrem em segundos e mudanças climáticas ou culturais ocorrem após séculos, tornando a multiescala fundamental para a elaboração de um bom projeto de simulação baseado em agentes;
- c) Complexidade multi e interdisciplinar. O time de pesquisadores em projeto de SBA é tipicamente composto por cientistas de diversas disciplinas com abordagens e habilidades diversas. A comunicação e entrosamento de todos são fundamentais para o sucesso do empreendimento.

Segundo Queiroz (2010), a execução de um projeto envolvendo simulação requer normalmente a revisão bibliográfica, a construção de um modelo de simulação, a sua execução e análises de seus resultados. Das análises dos resultados obtidos surgem as possíveis comparações entre as hipóteses simuladas e as evidências empíricas existentes que podem demandar novos questionamentos para a área da ciência estudada ou ajustes e

alterações nos modelos de simulação construídos. Dessas etapas mencionadas, resultam os *insights* que permitem o avanço da teoria e da ciência de uma forma geral. Pretende-se, como ponto de partida, utilizar-se o modelo de Queiroz (2010) como abordagem metodológica para este trabalho de pesquisa.

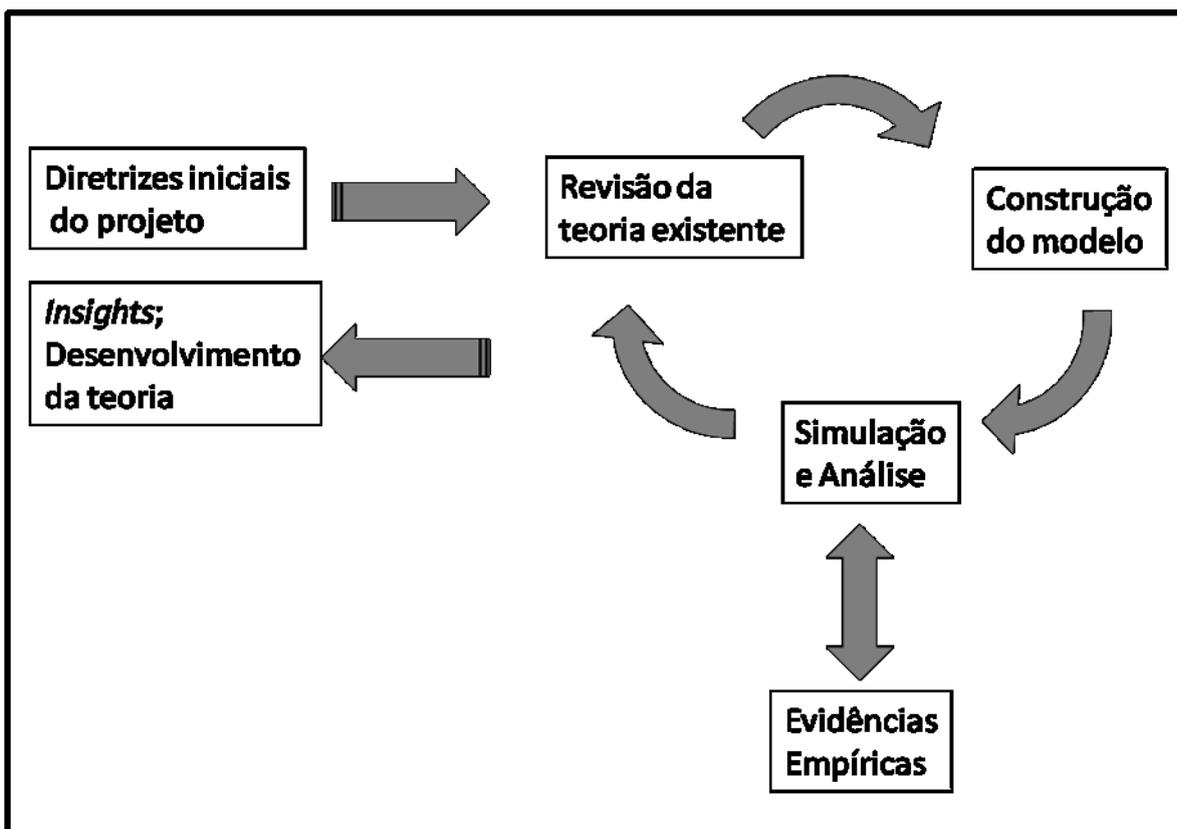


Figura 3 – Abordagem interativa para execução do projeto.
Fonte: Autor “Adaptado de” Queiroz, 2010, p. 20.

A figura 3 apresenta de forma visual a proposta de Queiroz (2010) sobre como pode ser tratado um projeto de pesquisa de simulação baseada em agentes. Tal projeto inicia-se através de um direcionamento básico, isto é, com perguntas e objetivos de pesquisa previamente concebidos e baseados em interesses de pesquisa iniciais. A próxima etapa envolve a revisão teórica sobre modelagem e simulação e sobre os fenômenos sociais, seguida pela construção do modelo e a execução e análise da simulação. As três últimas etapas são interativas, pois podem ser ajustadas de acordo com os resultados obtidos na simulação realizada, confrontadas e ajustadas pelas evidências empíricas existentes sobre o fenômeno estudado através das técnicas de simulação. Ao final desse processo de ajustes e refinamento, obtêm-se como resultado final da pesquisa os chamados *insights* e o consequente avanço e desenvolvimento da teoria sobre a área estudada.

As diretrizes iniciais do projeto estão caracterizadas na introdução deste trabalho e representam os objetivos estabelecidos, as perguntas a serem respondidas e a contextualização inicial sobre o tema e sua relevância. A revisão da teoria existente aborda vários temas, incluindo a teoria sobre SBA, modelos existentes para as regras de comportamento de agentes e ambientes e a teoria existente sobre cooperação, conduta empresarial e formação de alianças estratégicas. No desenvolvimento do trabalho é realizada a construção do modelo proposto, a simulação e as análises. *Insights* e desenvolvimento da teoria podem ser entendidos como parte da conclusão deste trabalho.

Como abordado no capítulo referente à teoria sobre simulação baseada em agentes, são necessários, na modelagem, as caracterizações dos agentes, do ambiente e das regras de comportamento. Para a caracterização e modelagem de cada uma dessas figuras, é necessária a configuração das variáveis relevantes para a simulação. Algumas destas variáveis, segundo a abordagem de Queiroz (2010), são:

- d) Método de busca: lógica utilizada por um agente para aperfeiçoar (progredir) suas transações;
- e) Amplitude de visão: número de indivíduos que um agente pode observar simultaneamente para que ocorram as interações;
- f) Características dos indivíduos: atributos de cada agente desenhado de acordo com a teoria;
- g) Posição inicial: setup do ambiente artificial;
- h) Capacidade de ajuste: ajustes da sensibilidade das características dos agentes e das regras de comportamento.

Outro ponto importante para que o projeto realize de maneira satisfatória as etapas contidas na figura 3, principalmente aquelas em que há interação (revisão teórica, construção do modelo e execução e análise da simulação), é prever a capacidade de ajuste das variáveis que caracterizam os agentes e as regras de comportamento estabelecidas entre eles (QUEIROZ, 2010). A criação de botões, por exemplo, que facilitam a regulagem da intensidade de variáveis pode acelerar o tempo de desenvolvimento do projeto e permitir de maneira rápida a análise de diversos cenários de simulação diferentes.

Referente à revisão bibliográfica para este trabalho, chamada por Queiroz (2010) de revisão da teoria existente, os esforços de pesquisa e estudo foram concentrados em alguns temas e conceitos. Esses temas associados representam a base teórica para o trabalho proposto.

A primeira fase dos estudos foi focada em trabalhos já existentes de SBA com destaque para o ambiente de açúcar. Já a segunda fase abordou gestão empresarial e estratégia, focando nas teorias de *stakeholders* e *shareholders*, representando os perfis das empresas, e nas alianças estratégicas para exploração de novas oportunidades de mercado. A terceira fase focou o estudo sobre cooperação e o dilema do prisioneiro. Toda a revisão bibliográfica foi suportada por revisões das teorias de SBA e metodologia para esses tipos de projeto.

5 CONSTRUÇÃO DO MODELO

Como apresentado na introdução deste trabalho, foi construído um modelo de SBA para o estudo de cooperação entre empresas, baseado no histórico de estratégias adotadas pelos agentes, quanto à cooperação ou não cooperação, durante a formação de alianças para busca e exploração de oportunidades de mercado. Este estudo se baseia no modelo do ambiente de açúcar, idealizado por Epstein e Axtell (1996), bem como em regras construídas para simular questões ligadas às teorias sobre aliança empresarial, *stackholders* e *shareholders*, cooperação e o dilema do prisioneiro para *n-jogadores*.

Como discutido por Axelrod (2010), as decisões de um agente quanto a cooperar ou não cooperar afeta seu histórico de cooperação, assim como o histórico desse agente afeta a decisão de cooperação ou não cooperação de outros que interajam com ele. Dessa forma, com um modelo de interação entre agentes no ambiente artificial associado às regras do dilema do prisioneiro, espera-se verificar e analisar os fenômenos que podem emergir de tais regras individuais que foram estabelecidas.

Os agentes no modelo proposto, representado empresas, vivem da procura, disputa e apropriação de recursos e não de açúcar. Todas as características para o açúcar do ambiente de açúcar, idealizados por Epstein e Axtell (1996), são válidas para recursos. O ambiente artificial e suas regras, que representam o mercado competitivo onde empresas estão inseridas, concebido a partir do ambiente de açúcar, terá recursos disponíveis e receberá simplesmente o nome de ambiente.

5.1 Regras do ambiente artificial

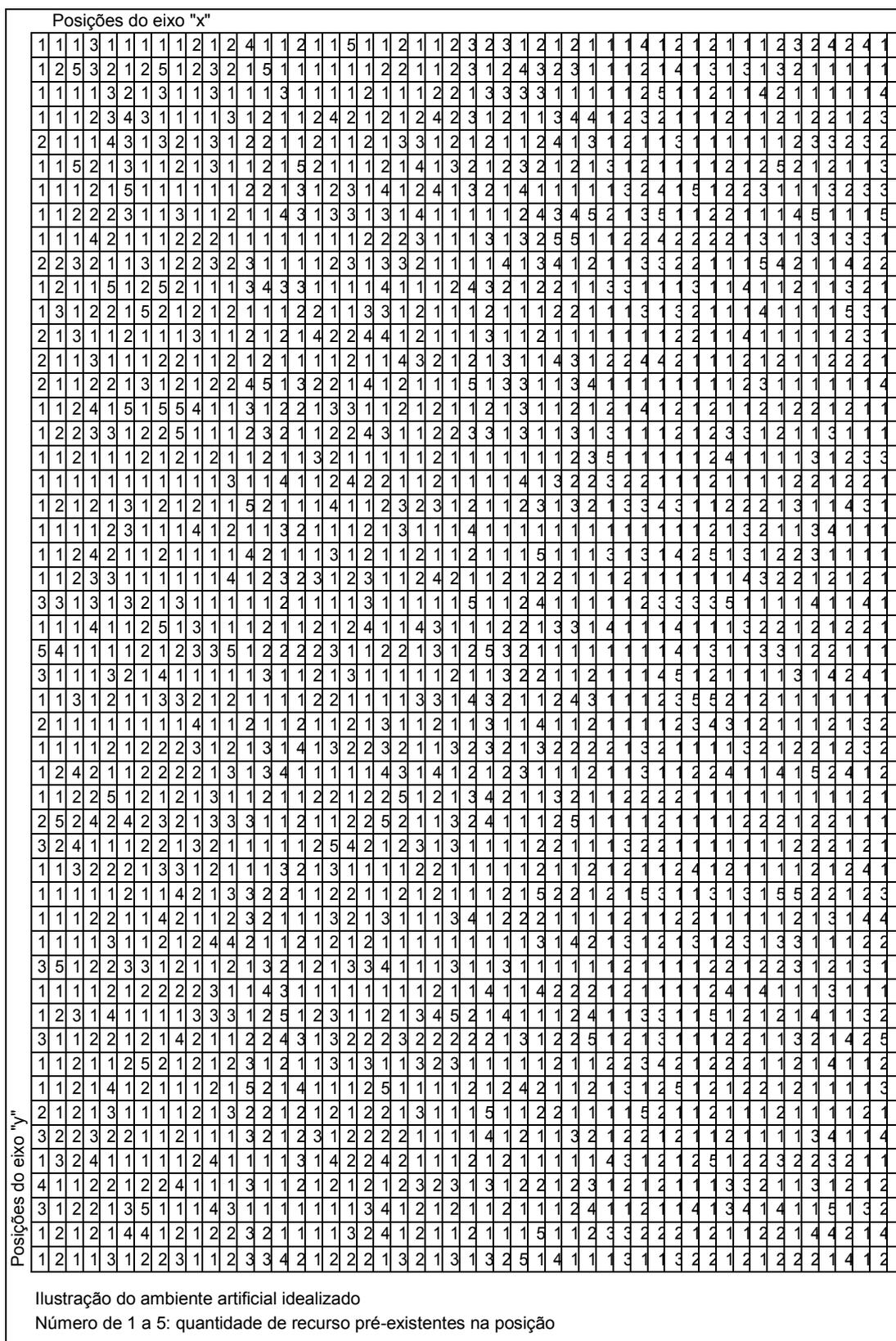
O ambiente artificial construído por este projeto de SBA representa um mercado onde oportunidades existentes latentes requerem, para serem exploradas, que alianças entre empresas com diversos perfis e competências complementares sejam formadas (mercados como o intensivo em tecnologia), como proposto por Porter (1990) e Cunha e Melo (2006). Os recursos disponíveis nas diversas posições do ambiente artificial representam as novas oportunidades do mercado que estão latentes e que poderão ser apropriadas pelas empresas, assim que estas se movimentarem para tais posições e seguirem certas regras de interação

com as demais que estão ao seu redor. A quantidade de recursos em cada posição varia, assim como em um mercado real onde os frutos da exploração de novas oportunidades variam de acordo com o retorno proporcionado por cada uma dessas oportunidades.

O mercado representado por este projeto de simulação tem como pressuposto condições de competição perfeita, onde todos os recursos estão disponíveis a todos os competidores e as novas oportunidades detectadas pelas empresas podem ser apropriadas por eventuais parceiros que não cooperarem durante a formação de aliança estratégica para complementação de competências, mesmo estes não tendo inicialmente detectado tais oportunidades.

Este ambiente contém uma série de posições caracterizadas por coordenadas cartesianas “x” e “y”. Seguindo as configurações básicas do ambiente de açúcar de Epstein e Axtell (1996), o ambiente padrão terá 2500 posições (formando um quadrado de cinquenta e linhas e cinquenta colunas). Essa quantidade de posições pode ser alterada a qualquer momento no programa de simulação caso seja de interesse a realização de novas análises em projetos de simulação futuros.

Assim como no modelo original, os recursos que representam oportunidades de mercado são distribuídos de forma aleatória por todo o ambiente e representam a motivação básica para que os agentes se movimentem, interajam e sobrevivam. A quantidade de recursos em cada posição do ambiente varia de 1 a 5 unidades inteiras e estão distribuídas de forma aleatória. A quantidade de posições com 1 unidade de recursos é o dobro do número de posições com 2 unidades que, por sua vez, é o dobro do número de posições com 3 unidades e assim por diante, como pode ser visualizado na figura 4: uma ilustração esquemática de como é o ambiente e uma possível distribuição dos recursos por toda sua superfície. Esta decisão foi tomada para promover certa escassez de posições afortunadas de recursos, pois foi verificado em testes preliminares que uma simples distribuição aleatória de recursos pelo ambiente, sem a proporcionalidade comentada anteriormente, promove muita fartura de recursos, reduzindo a competição entre os agentes e dificultando as análises necessárias sobre cooperação. Pode-se acreditar também que a escassez de posições fartas de recursos torna o ambiente artificial mais aderente ao ambiente das empresas que estão inseridas em mercados intensivos em tecnologia.



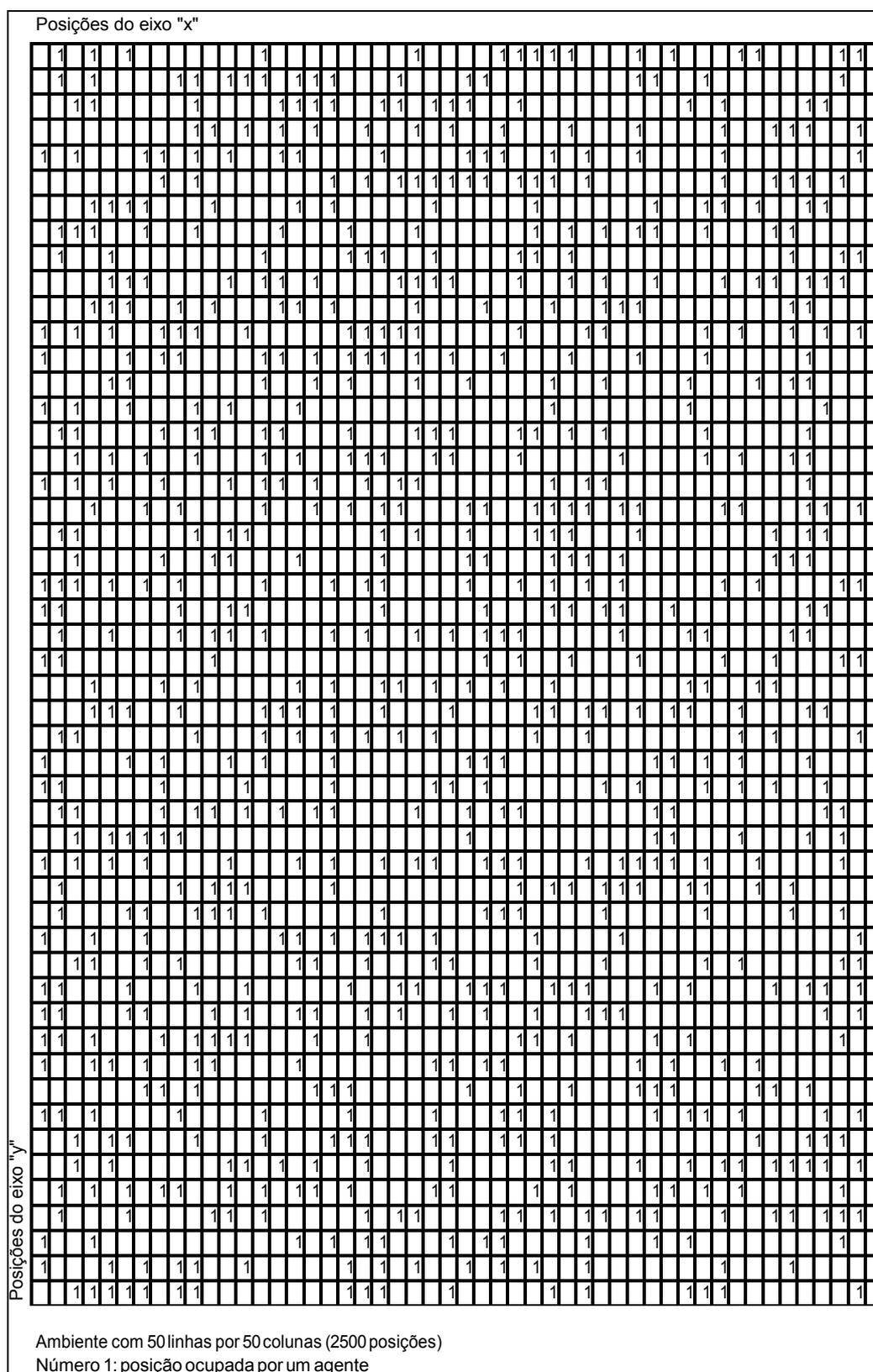


Figura 5 – Distribuição dos agentes pelo ambiente.

Fonte: Autor.

Nota: Baseado em Epstein, Axtell, 1996.

É permitido que os recursos assumam valores com frações (valores reais) no acúmulo pelos agentes. Diferentemente do ambiente de açúcar proposto por Epstein e Axtell (1996), este ambiente não terá quadrantes com maiores ou menores quantidades de recursos distribuídos, já que a intenção não é analisar movimentos migratórios de agentes e sim as situações de cooperação ou não cooperação durante suas movimentações e interações para disputa e apropriação de recursos.

O conceito de *Carring Capacity* adotado será aquele em que o nível de recursos da posição desocupada por um agente que acaba de se movimentar para outra posição é restabelecido ao nível original (inicial). A análise de uma possível degradação do ambiente não é alvo deste projeto de SBA.

Os agentes são criados e distribuídos aleatoriamente no *setup* da simulação. Os agentes representam as empresas que atuam em mercados intensivos em tecnologia e que possuem especialização cada vez maior, necessitando de complementaridade de habilidades através de formações de alianças, como proposto por Doz e Hamel (2000), para exploração de novas oportunidades de mercado ou, no caso deste projeto de SBA, para se apropriar de recursos vitais disponíveis no ambiente artificial.

Nunca dois agentes ocupam a mesma posição ao mesmo tempo. A quantidade inicial de agentes criados, representando a quantidade padrão de agentes espalhados pelo ambiente, é de 850, representando aproximadamente a terça parte da quantidade de posições existentes no ambiente. Com essa regra, espera-se que para cada empresa existam, em média, duas oportunidades de mercado (posições vazias) como opção para sua movimentação. A figura 5 apresenta uma possibilidade de distribuição de agentes pelo ambiente.

5.2 Características básicas dos agentes

Seguindo a proposta de Epstein e Axtell (1996), o consumo individual de recursos de cada agente para sua sobrevivência é estabelecido pelo seu metabolismo e é a sua motivação básica para movimentação para outra posição. O metabolismo pode ser entendido como as competências especiais de uma empresa, propostas por Barney (1991), que são aprimoradas a cada conquista e adequadas à exploração de novas oportunidades de mercado que lhe permitem sobreviver. Tais competências especiais das empresas representam custos de obtenção, desenvolvimento e manutenção.

A movimentação está relacionada à busca por mais recursos (as novas oportunidades do mercado intensivo em tecnologia) e consequente manutenção de sua existência. Caso seus recursos acabem, o agente desaparece como se houvesse morrido. Ao se movimentar para a nova posição, cada agente deve satisfazer a determinadas regras de interação, baseadas no dilema do prisioneiro, para acumular todos os recursos existentes ali e consumir o seu metabolismo.

Durante a execução do *setup* da simulação, é estabelecido aleatoriamente para cada agente criado um valor de metabolismo em uma escala de 1 a 4 unidades de recursos por ciclo de execução da simulação. Essa aleatoriedade simula o perfil de custos de cada empresa para que esta desenvolva e mantenha suas competências especiais no mercado intensivo em tecnologia. A cada ciclo, os agentes devem consumir o valor de seu metabolismo, ou seja, o valor previamente acumulado de recursos deve ser acrescido do valor dos recursos conquistados na nova posição e descontado do valor de seu metabolismo.

Os agentes com maior valor de metabolismo requerem mais recursos para sua sobrevivência. A intenção de o valor de metabolismo ser no máximo 1 unidade a menos da posição com maior nível de recursos é permitir a possibilidade de sobrevivência, mesmo que por um tempo menor, dos agentes com o maior metabolismo. Pôde ser verificado, tanto no ambiente de açúcar, anteriormente construído e executado, como no ambiente proposto por este projeto de SBA, que as chances de sobrevivência no longo prazo de agente com altos metabolismos são baixíssimas.

A próxima característica básica a ser definida é o alcance de visão, característica essa necessária para que um agente visualize novas posições possíveis e se movimente para uma delas. O conceito de vizinhança utilizado será a de Von Neumann. A cada agente é atribuído aleatoriamente, em sua criação, um valor de alcance de visão que pode variar de 25 a 50 posições de distância. São valores bem superiores aos do modelo básico do ambiente de açúcar de Epstein e Axtell (1996). Essa decisão também foi tomada após os testes preliminares, enquanto ainda estavam sendo calibrados os parâmetros para a simulação. O ambiente com escassez de recursos requer maiores alcances de visão, promovendo maior possibilidade de sobrevivência e permitindo mais interações e competição entre os agentes.

Mantendo o alinhamento com a revisão bibliográfica deste trabalho, a percepção de racionalidade limitada será mantida. As empresas possuem capacidades diferentes de percepção de novas oportunidades de mercado. Tal capacidade de percepção varia de acordo com diversos fatores e é limitada, conforme proposta de racionalidade limitada de Simon

(1991). Tanto o metabolismo como o alcance de visão dos agentes podem ser considerados como a representação dos recursos internos das empresas. Tais recursos são próprios e caracterizam as empresas.

Estabelecidas as regras para definição das possíveis posições para movimentação dos agentes, é possível a especificação das regras para sua locomoção pelo ambiente. A cada ciclo da simulação, cada agente deve identificar a posição (segundo as regras já estabelecidas de alcance e direção) que possui a maior quantidade de recursos disponível. Caso exista mais de uma posição que atenda a esse requisito, o agente deve se movimentar para a posição mais próxima. A partir da primeira rodada da simulação é que os agentes se movimentam e interagem com seus vizinhos, seguindo as regras do dilema do prisioneiro para cooperar ou não cooperar (será discutido este assunto a seguir), para se apropriar dos recursos desta nova posição.

A cada ciclo da simulação é necessário o cálculo para determinação dos recursos acumulados e consumidos por cada agente. Para isso, a variável estoque de recursos é necessária e representa, a cada ciclo de simulação, a quantidade de recursos previamente existentes (estoque de recursos do ciclo anterior), acrescida dos recursos conquistados na nova posição e descontados do metabolismo. Quanto maior o estoque de recursos de um agente no ambiente artificial, mais próspera é a empresa representada por este agente durante sua atuação em busca e exploração de novas oportunidades em um mercado intensivo em tecnologia.

Cada agente, ao ser criado durante o *setup* da simulação, recebe um valor aleatoriamente determinado de estoque de recursos (estoque inicial de recursos) que pode variar de 5 a 25 unidades de recurso. Esse valor inicial de recursos de cada agente representa as competências já criadas, desenvolvidas e previamente disponíveis das empresas para detectar e explorar novas oportunidades.

A figura 6 apresenta o fluxo de atividades básicas realizadas por um agente logo após o *setup* e no decorrer de cada ciclo da simulação. As interações do agente com seus vizinhos imediatos (atividade 4), representando as alianças empresariais para exploração de novas oportunidades, serão detalhadas a seguir.

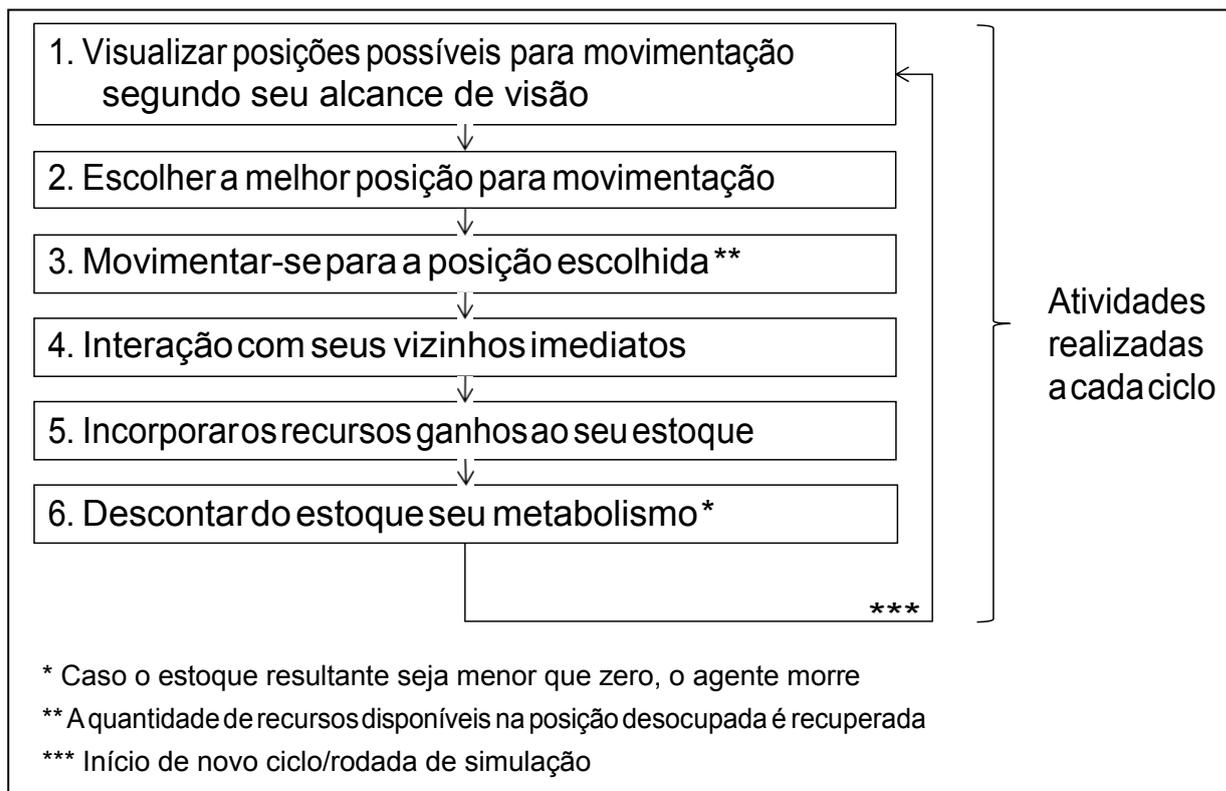


Figura 6 – Fluxo de atividades de um agente.
 Fonte: Autor.

Para a construção do modelo de SBA proposto, é necessária ainda a criação de outras variáveis associadas aos agentes. A primeira variável complementar, como proposto por Macal e North (2005), é o registro geral (RG) de cada agente para sua identificação. Durante a criação do agente, a este é associado um número, variando de 1 a 999, determinado aleatoriamente para identificação do agente. O valor assumido por essa variável do agente é unívoco, ou seja, não existe mais de um agente com este número de RG.

O ciclo corrente representa a idade, em unidades de tempo, dos agentes (cada ciclo representa 1 unidade de tempo decorrido no ambiente).

Variável	Descrição	Regra de preenchimento
Metabolismo	Quantidade de recursos a ser consumida pelo agente a cada ciclo de simulação.	Na criação do agente.
Alcance de visão	Número de posições que o agente pode visualizar antes de realizar sua movimentação.	Na criação do agente.
RG	Identificação unívoca do agente.	Na criação do agente.
Ciclo corrente	Ciclo atual do agente. Representa o seu tempo de vida (idade).	Determinado a cada ciclo de simulação.
Estoque inicial de recursos	Quantidade inicial de recursos que cada agente terá à disposição desde o início da simulação.	Na criação do agente.
Estoque de recursos	Quantidade de recursos atual pertencente ao agente.	Determinado a cada ciclo de simulação.

Quadro 5 – Variáveis básicas atribuídas aos agentes.

Fonte: Autor.

O quadro 5 apresenta as variáveis básicas dos agentes, suas descrições e a regra de preenchimento de cada uma delas.

5.3 Dilema do prisioneiro para interação entre os agentes

Diferentemente do proposto por Epstein e Axtell (1996), este projeto impõe certas regras de interação do agente e seus vizinhos imediatos para determinação dos recursos da posição a serem adquiridos por este agente. Existe fragilidade em se formar alianças, uma vez que estas envolvem riscos e requerem confiança entre as partes, como sugerido por Cunha e Melo (2006), Doz e Hamel (2000) e Bronzo e Honório (2005).

A interação em questão é baseada nos modelos do dilema do prisioneiro discutidas e publicadas por Gotts, Polhill e Law (2003). O agente, antes de incorporar os recursos da posição, deve interagir com seus vizinhos imediatos. Os vizinhos imediatos são aqueles imediatamente ao lado do agente em questão, após sua movimentação, respeitando o conceito de vizinhança de Von Neumann, como pode ser observado na figura 7. Estes vizinhos

representam as empresas que, por estarem próximas da nova oportunidade, possuem competências complementares necessárias para sua exploração. Somente a formação de aliança (interação baseada no dilema do prisioneiro) entre a empresa (agente do ambiente artificial) e as demais próximas (vizinhas imediatas) pode garantir o sucesso da exploração da nova oportunidade de mercado. Como visto na revisão bibliográfica deste trabalho, as competências complementares necessárias para a exploração de uma nova oportunidade de mercado requerem formação de alianças com outras empresas.

Tais vizinhos imediatos representam empresas que possuem características e competências necessárias para a exploração da oportunidade detectada. O deslocamento do agente em movimentação representa a detecção de uma oportunidade de mercado por parte de uma empresa e não uma movimentação física propriamente dita. O vizinho imediato representa uma empresa capaz de formar aliança para a exploração da oportunidade detectada e não simplesmente uma empresa próxima fisicamente da oportunidade.

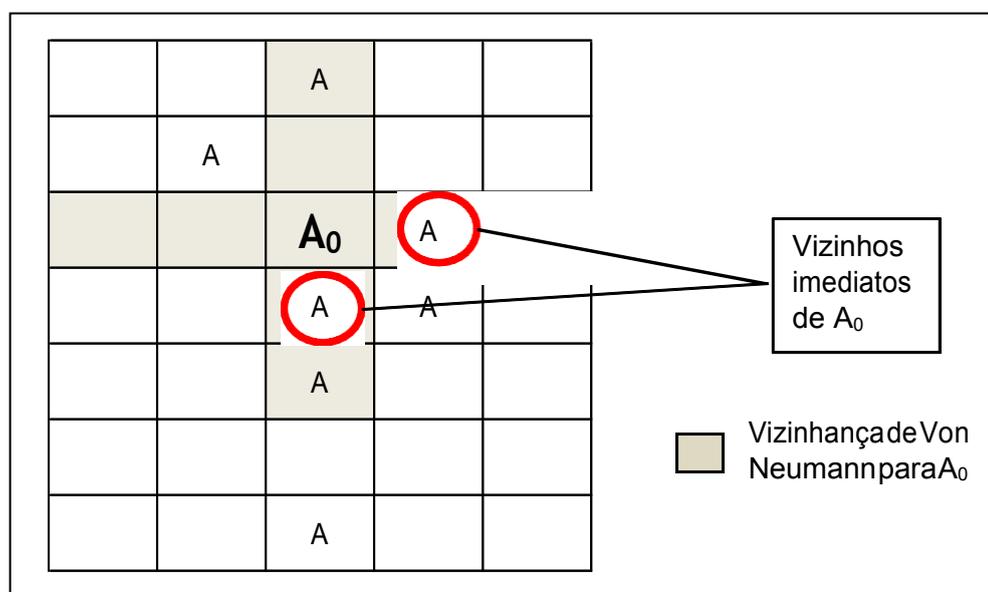


Figura 7 – Vizinhos imediatos de um agente.
Fonte: Autor

Os recursos da nova posição do agente serão repartidos entre este e seus vizinhos imediatos. No caso da posição em questão não possuir vizinhos imediatos, o agente, ao se movimentar, pode se apropriar de todos os recursos disponíveis. No exemplo ilustrado na figura 7, o agente “ A_0 ” possui dois vizinhos imediatos. Os recursos da posição devem ser repartidos pelos três agentes (dois vizinhos imediatos e o agente “ A_0 ”). “ A_0 ” deve realizar uma interação com seus vizinhos, através de modelo baseado no dilema do prisioneiro para n -

jogadores que será discutido a seguir, para determinar a quantidade de recursos que irá se apropriar da nova posição que ocupa. A formação de aliança ocorre para exploração da oportunidade e o fruto colhido dessa oportunidade (os recursos ali disponíveis) deverá ser repartido entre todas as empresas que formam a aliança (agente em movimentação e seus vizinhos imediatos). A não cooperação de um vizinho imediato representa que este utilizou-se do conhecimento do agente que detectou a oportunidade (agente em movimentação) e utilizou suas competências para se apropriar sozinho de tal oportunidade.

As equações apresentadas por Manhart e Diekmann (1989), discutidas anteriormente, para modelar o dilema do prisioneiro para *n-jogadores* baseia-se no modelo original concebido para dois jogadores e seus ganhos nos casos de cooperação e não cooperação. Mantendo-se os mesmos princípios utilizados, este projeto determinará os ganhos em caso de interação entre dois jogadores e somente a partir destes serão concebidos os ganhos em caso de interação entre *n-jogadores*.

Os parceiros de uma aliança formada para exploração de uma oportunidade de mercado podem agir cooperando ou não. O ganho de cada um deles durante uma interação (formação de aliança para exploração de uma oportunidade de mercado) depende de suas condutas e da conduta dos demais envolvidos quanto a cooperar ou não nesta aliança. Em uma interação entre duas empresas (uma em movimentação para exploração da oportunidade e outra que possui competência complementar necessária), caso um desses dois parceiros coopere e o outro não, o segundo parceiro acaba explorando sozinho tal oportunidade, apropriando-se de todos os benefícios oferecidos por esta conquista. A cooperação ou não cooperação pode ocorrer dependendo das condições e perfis de cada agente nesta aliança formada.

Sendo “AD” a quantidade de recursos disponíveis em uma posição, o resultado da cooperação mútua entre o agente e seu vizinho imediato em uma rodada de simulação (dilema do prisioneiro para dois jogadores) estabelece que 60% da quantidade de recursos disponíveis (0,6 do valor de “AD”) seja acumulada por cada um dos dois agentes. 60% do valor disponível para cada jogador representam o ganho intermediário resultante da mútua cooperação entre os agentes. Vale lembrar que, no modelo original detalhado por Gotts, Polhill, Law (2003), o número 3 (ganho intermediário) representa 60% do número 5 (ganho máximo). A soma dos ganhos em caso de mútua cooperação supera 100%, mas o excedente produzido por essa prática, 20%, pode ser encarado como um ganho extra pela sinergia promovida pela cooperação na formação de alianças para exploração de novas oportunidades

de mercado entre todas as partes envolvidas, além de caracterizar o ganho intermediário que possui aderência com a teoria discutida anteriormente.

Para o caso da não cooperação mútua, o resultado estabelece apenas 20% da quantidade de recursos em disputa (0,2 do valor de “AD”) a ser acumulado para cada agente. Esse valor de ganho para cada jogador representa o ganho mínimo em caso de mútua não cooperação e respeita a lógica discutida por Eriksson e Lindgren (2005) e Manhart e Diekmann (1989) de que o ganho por não cooperar em caso de mútua não cooperação deva ser menor ao de se cooperar em caso de mútua cooperação. No modelo original, detalhado por Gotts, Polhill, Law (2003), o número 1 (ganho com a mútua não cooperação) representa 20% do número 5 (ganho máximo).

	Estratégias		Resultado	
	Agente	Vizinho	Agente	Vizinho
Situação 1	Cooperar	Cooperar	0,6 * AD	0,6 * AD
Situação 2	Cooperar	Não cooperar	Zero	AD
Situação 3	Não cooperar	Cooperar	AD	Zero
Situação 4	Não cooperar	Não cooperar	0,2 * AD	0,2 * AD

Quadro 6 – Relação de ganhos entre dois agentes interagindo pelos recursos disponíveis.

Fonte: Autor

Para o caso da divergência de conduta entre os dois agentes durante uma rodada da simulação, acumula a quantidade de recursos total disponível o agente que não cooperou. O agente que cooperou não acumula nenhum recurso. O quadro 6 apresenta a relação de ganhos entre o agente e seu vizinho interagindo pelos recursos disponíveis da posição.

Da cooperação entre as empresas, representadas pelos agentes do ambiente artificial, os benefícios colhidos são divididos entre as partes como fruto da aliança estabelecida. Se a aliança é quebrada e uma das partes não coopera, o oportunista fica com todos os benefícios da nova oportunidade ou, nesse caso, com os recursos que estão disponíveis. No caso em que o rompimento da aliança é realizado pelas duas partes com nenhuma cooperação, uma parte menor do total que poderia ser compartilhado é apropriada por ambas as parte.

Uma vez estabelecidos os ganhos no caso da interação por recursos envolvendo cooperação e não cooperação para dois agentes torna-se possível a determinação das equações que representarão os ganhos dos jogadores em caso de interação entre *n-jogadores*. As equações de ganho de cada agente em uma interação baseada no dilema do prisioneiro para *n-*

jogadores, onde o que está em disputa são os recursos disponíveis, baseando-se nas equações apresentadas por Manhart e Diekmann (1989), são:

$$AGc = ((0,6 * AD) * (Nc - 1)) / (N - 1) \quad \dots(3)$$

$$AGn = ((AD * Nc) + ((0,2 * AD) * (N - Nc - 1))) / (N - 1) \quad \dots(4)$$

A variável “AGc” representa o ganho de recursos, após a interação, para os agentes que cooperaram e a variável “AGn” representa o ganho de recursos, após a interação, para os agentes que não cooperaram. Ambas variáveis são funções de “AD” (recursos disponíveis), “Nc” (número de agentes que cooperaram) e “N” (número total de agentes na disputa).

A equação (3) é análoga a (1), onde “(0,6 * AD)” ocupa o lugar do número 3 e representa os ganhos em caso de mútua cooperação para o caso de apenas dois jogadores. Já a equação (4) é análoga a (2), onde “AD” ocupa o lugar do número 5, representando o ganho máximo conquistado em caso de divergência nas estratégias adotadas para o caso de apenas dois jogadores, e “(0,2 * AD)” ocupa o lugar do número 1, representando os ganhos em caso de mútua não cooperação também para o caso de apenas dois jogadores.

AD 3							
		Nc					
N 2		0	1	2			
Estratégia do jogador	Cooperação (AGc)	-	0	1,8			
	Não Cooperação (AGn)	0,6	3	-			
		Nc					
N 3		0	1	2	3		
Estratégia do jogador	Cooperação (AGc)	-	0	0,9	1,8		
	Não Cooperação (AGn)	0,6	1,8	3	-		
		Nc					
N 4		0	1	2	3	4	
Estratégia do jogador	Cooperação (AGc)	-	0	0,6	1,2	1,8	
	Não Cooperação (AGn)	0,6	1,4	2,2	3	-	
		Nc					
N 5		0	1	2	3	4	5
Estratégia do jogador	Cooperação (AGc)	-	0	0,45	0,9	1,35	1,8
	Não Cooperação (AGn)	0,6	1,2	1,8	2,4	3	-

Figura 8 – Ganhos dos agentes interagindo por três unidades de recurso.

Fonte: Autor

A figura 8 apresenta um exemplo dos ganhos de cada agente em uma interação por 3 unidades de recurso (“AD” = 3) conforme sua conduta de cooperação. São apresentadas as possibilidades de interação entre 2, 3, 4 e 5 agentes. O agente em movimentação terá no máximo quatro vizinhos imediatos, totalizando cinco agentes em interação, no máximo. Os valores apresentados são calculados através das equações que representam as variáveis “AGc” e “AGn”.

Com a criação das equações (3) e (4), os recursos disponíveis e posteriormente conquistados estão definidos para cada movimentação do agente. A seguir serão estabelecidas as regras que definirão as estratégias adotadas pelos agentes e seus vizinhos imediatos a cada interação em cada ciclo da simulação.

5.4 Histórico de cooperação dos agentes

Um agente tem sua imagem formada a partir de seu desempenho histórico. Como visto em Arend (2009) e Axelrod (2010), o histórico de cooperação de uma empresa determina como as demais irão agir em relação a ela, já que cada uma delas pode interagir inúmeras vezes ao longo do tempo. Neste projeto de simulação, o histórico de cooperação de um agente, em um determinado ciclo da simulação, é um valor obtido da média das 25 últimas estratégias adotadas por este agente no momento de sua movimentação, como pode ser visto no quadro 7 (exemplo com o histórico formado pelas últimas 10 estratégias adotadas), sendo que sempre é atribuído o valor zero para o caso de não cooperação e o valor 1 para o caso de cooperação. O valor obtido neste cálculo representa o histórico de cooperação do agente, número que varia entre zero e 1, naquele determinado ciclo da simulação. Tal valor representa o grau de cooperação do agente até certo momento.

Ciclo da simulação	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
Histórico de Estratégias adotadas	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1

Quadro 7 – Histórico de estratégias adotadas para cálculo do valor de histórico de cooperação.

Fonte: Autor.

Um agente, quando em determinada interação estiver fazendo o papel de vizinho imediato, adotará a estratégia de não cooperação em determinado ciclo da simulação, caso seu histórico de cooperação calculado seja um número entre zero e 50%. A estratégia adotada de cooperação prevalece se o agente, também fazendo o papel de vizinho imediato, possuir em seu histórico de cooperação um número a partir de 50%. Para histórico de exatamente 50%, sua conduta será determinada de forma aleatória com 50% de chance para cooperação e não cooperação. A escala para o valor do histórico de cooperação calculado pode ser visualizada na figura 9.

O cálculo do valor do histórico de cooperação exige que o histórico de estratégias adotadas por um agente em movimentação seja armazenado. Para tal, a estratégia adotada por ele, ao interagir com seus vizinhos, fica armazenada em uma matriz de histórico de estratégias.

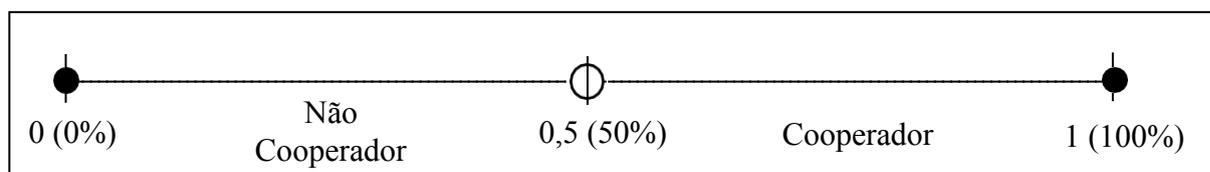


Figura 9 – Escala do valor de histórico de cooperação de um agente.
Fonte: Autor

O conceito de racionalidade limitada pode ser observado também nesta modelagem de histórico de cooperação por se basear nas últimas 25 estratégias adotadas durante a movimentação. O passar do tempo proporciona o esquecimento ou a perda da informação sobre a conduta do agente.

Variável	Descrição	Regra de preenchimento
Resultado	Resultado da interação entre dois agentes.	Determinado a cada interação com outro agente.
Valor do histórico de cooperação	Cálculo realizado baseado no histórico de estratégias adotadas pelo agente.	Determinado a cada ciclo de simulação.
Histórico de estratégias	Armazena todas as estratégias adotadas pelos agentes a cada interação.	Determinado a cada interação com outro agente.

Quadro 8 – Variáveis para modelagem do valor de histórico de cooperação, atribuídas aos agentes.
Fonte: Autor.

A estratégia adotada por um agente que acabou de se mover para uma posição nova, ao interagir com seus vizinhos, dependerá de seu perfil de conduta (assunto que será abordado mais à frente neste trabalho). Já as estratégias adotadas pelos agentes vizinhos (representando parceiros com competências complementares em uma aliança por nova oportunidade de mercado) durante a interação com o agente em movimentação são os valores de seus históricos de cooperação calculados, ou seja, se um agente vizinho tiver histórico de cooperador, este irá cooperar. Caso um agente vizinho tenha histórico de não cooperador, este não irá cooperar. O detalhamento de como ocorrerá cada interação para determinação de ganho de recursos pelos agentes será realizada a seguir, quando serão discutidos e detalhados os perfis de conduta dos agentes.

O quadro 8 apresenta todas as variáveis para modelagem do valor de histórico de cooperação, atribuídas aos agentes, suas descrições e a regra de preenchimento de cada uma delas.

Diferentemente do histórico de cooperação, construído nos modelos do dilema do prisioneiro abordados por Gotts, Polhill e Law (2003), Arend (2009) e Axelrod (2010), este projeto de simulação constrói o histórico de cooperação considerando a estratégia adotada pelos agentes em movimentação independente dos seus oponentes. Um agente em movimentação não avalia apenas o histórico de cooperação de um vizinho oponente considerando suas últimas interações com ele e sim avaliando todas as condutas deste vizinho com todos os agentes com quem já interagiu. Essa decisão tomada baseia-se na idéia de que a busca por novas oportunidades de mercado por uma empresa e suas estratégias de cooperação em alianças formadas para a exploração dessas oportunidades repercutem por todo o mercado e afetam o comportamento das demais empresas ao interagirem com ela.

5.5 Perfis de conduta e estratégias adotadas

Como visto anteriormente na modelagem proposta por este trabalho, a combinação das estratégias de cooperação ou não cooperação em uma interação entre agentes estabelece a conquista de recursos das partes que interagem. Um agente em movimentação diante de vizinhos com histórico de cooperação ou não cooperação estabelece sua conduta de cooperar ou não cooperar. Este projeto define três perfis de conduta diferentes que são atribuídos a

cada agente em sua criação para a determinação da estratégia a ser adotada por ele, quando de suas movimentações.

O primeiro perfil é aquele que representa a abordagem tratada pela teoria de *shareholders*, ou seja, trata-se de um perfil que representa empresas que procuram maximizar seus resultados aqui representados pelo ganho de recursos em uma interação entre um agente em movimentação com seus vizinhos imediatos. Para o agente que possui este perfil (chamado de perfil de conduta maximizador) a estratégia é de sempre não cooperar com seus vizinhos imediatos, maximizando seu ganho na interação. O perfil de conduta maximizador também pode representar perfis de empresas oportunistas, uma vez que estas extraem o máximo resultado da interação, sem a preocupação com a perpetuação de alianças no longo prazo.

Os segundo e terceiro perfis de conduta estão mais alinhados com o conceito de racionalidade limitada, representando aspectos ligados à equalização de resultado com os demais agentes, prudência na tomada de decisão e estratégias estabelecidas por obra do acaso. O segundo perfil, chamado de perfil de conduta equalizador, representa a abordagem tratada pela teoria de *stakeholders*, segundo a qual a estratégia é conquistar recursos para todos os agentes em interação, minimizando riscos através de uma conduta conservadora, de longo prazo e que considere todos os envolvidos do ecossistema. Com este perfil, são representadas empresas que priorizam os relacionamentos, a imagem e as alianças em suas condutas. São conservadoras e por isso estão atentas e se protegem de outras que possuem histórico de não cooperação.

Perfil de conduta do agente em movimentação	Histórico do agente vizinho imediato	Estratégia adotada pelo agente em movimentação
Maximizador	Cooperador	Não cooperação
	Não cooperador	Não cooperação
Equalizador	Cooperador	Cooperação
	Não cooperador	Não cooperação
Imprevisível	Cooperador	Aleatória
	Não cooperador	Aleatória

Quadro 9 – Estratégia adotada pelo agente baseado em seu perfil de conduta (dois agentes).

Fonte: Autor.

Para o terceiro, chamado de perfil de conduta imprevisível, a estratégia é adotada aleatoriamente com peso de 50% para cada conduta, independentemente do histórico de cooperação dos vizinhos oponentes. A aleatoriedade de conduta está sempre presente, mesmo em pequena proporção, na tomada de decisão das empresas.

O quadro 9 apresenta as regras para a estratégia a ser adotada por um agente em movimentação, no caso da interação de apenas dois agentes (agente em movimentação e um vizinho imediato), de acordo com o histórico de cooperação do vizinho imediato.

Durante a movimentação de um agente, este pode se deparar com mais de um vizinho imediato e, nesse caso, os ganhos de recursos disponíveis na nova posição dependerão de seu perfil de conduta e da conduta de seus vizinhos imediatos (valor calculado a partir do histórico de cooperação de cada um dos vizinhos). Para o caso do agente em movimentação com perfil de conduta maximizador, a estratégia adotada por ele será sempre de não cooperação e seus ganhos de recursos dependerão do valor de “AGn” calculado através da equação (4). Os ganhos dos demais agentes na interação (vizinhos imediatos) dependerão de suas condutas, determinadas por seus históricos de cooperação, e das equações (3) ou (4).

Para os agentes em movimentação que possuem perfil de conduta equalizador, a estratégia adotada por eles será dada através da regra apresentada pela figura 10 e seus ganhos de recursos e de seus vizinhos imediatos dependerão dos resultados de “AGc” ou “AGn”, calculados através das equações (3) ou (4).

Para:	$\frac{(N-1)}{2} \leq O_c$	Então: Agente em movimentação adota estratégia de cooperação
Para:	$\frac{(N-1)}{2} > O_c$	Então: Agente em movimentação adota estratégia de não cooperação

Figura 10 – Regra para se estabelecer a estratégia adotada para um agente equalizador.

Fonte: Autor

Na figura 10, a variável “N” representa o número de agentes na interação pelos recursos disponíveis, incluindo o agente em movimentação, e “Oc” representa o número de agentes vizinhos imediatos que cooperam (que possuem valor do histórico de cooperação maior que 50%). Essa regra estabelece de forma matemática que o agente em movimentação com perfil de conduta equalizador coopere caso a maioria dos vizinhos imediatos adotem estratégias de cooperação e não coopere caso a maioria adote estratégias de não cooperação.

A figura 11 apresenta as condutas possíveis do agente equalizador em movimentação para o caso de “N” variar de 2 a 5. Nos casos onde “N” for igual a 1, não há disputa e o agente em movimentação apropria-se de todos os recursos disponíveis na posição.

N 2		N 3	
Oc	Estratégia adotada	Oc	Estratégia adotada
0	Não cooperação	0	Não cooperação
1	Cooperação	1	Cooperação
		2	Cooperação
N 4		N 5	
Oc	Estratégia adotada	Oc	Estratégia adotada
0	Não cooperação	0	Não cooperação
1	Não cooperação	1	Não cooperação
2	Cooperação	2	Cooperação
3	Cooperação	3	Cooperação
		4	Cooperação

Figura 11 – Estratégias adotadas por um agente para cada possibilidade de “N”.
Fonte: Autor

O último tipo de perfil de conduta para um agente em movimentação é o imprevisível. Para esse tipo de agente, a estratégia adotada é estabelecida aleatoriamente com peso de 50% para cada conduta no momento da disputa, independentemente do histórico de cooperação dos vizinhos imediatos. Seus ganhos de recursos e de seus vizinhos imediatos dependerão dos resultados de “AGc” ou “AGn”, calculados através das equações (3) ou (4).

O perfil de conduta de um agente é atribuído em sua criação de forma aleatória, seguindo a regra: 45% dos agentes são maximizadores, 45% são equalizadores e 10% são imprevisíveis. A proporção reduzida da quantidade de agentes com o perfil imprevisível ocorre devido à finalidade deste projeto de SBA ser o estudo de cooperação através de SBA. Estratégias adotadas de forma aleatória dificultam o estudo e as análises da influência do histórico de cooperação e perfil de conduta dos agentes em relação à sobrevivência e sucesso ao final da simulação, porém, não podem ser esquecidas no modelo por representarem uma conduta possível.

Como já discutido, o histórico de cooperação de um agente é dado por um número calculado que se baseia no histórico das 25 estratégias adotadas por ele no passado. Esse cálculo só pode ser executado ou faz sentido após passados pelo menos 25 ciclos de simulação. Somente a partir do vigésimo sexto ciclo de simulação é que o valor do histórico de cooperação faz sentido e representa a imagem do agente construída a partir de suas

estratégias adotadas no passado. Dessa forma, todos os agentes em movimentação se comportam como se possuíssem o perfil de conduta imprevisível durante as 25 primeiras interações que realizarem e os vizinhos imediatos nestas disputas se comportam como se possuíssem valores de histórico de cooperação de 50%. Esta decisão do projeto de simulação representa de certa forma a situação de falta de informação de uma firma ou gestor para tomada de decisão diante de outra firma ainda nova e sem uma reputação construída. Tratar-se-ia de uma situação de mercado ainda em construção.

Variável	Descrição	Regra de preenchimento
Perfil de conduta	Estabelece a conduta do agente em movimentação.	Na criação do agente.
Estratégia adotada	Determina a estratégia adotada pelo agente em movimentação dado seu perfil de conduta e a reputação de seus vizinhos.	Determinado a cada movimentação do agente.

Quadro 10 – Variáveis para modelagem de perfil de conduta e estratégia adotada.

Fonte: Autor.

O quadro 10 apresenta as variáveis referentes à modelagem de conduta dos agentes e as estratégias adotadas por eles a cada interação no ambiente.

Os agentes atuam como agentes deliberativos na definição de Uhmacher (1996), ao agirem conforme seus perfis de conduta e ao realizarem análise sobre o histórico de cooperação de seus vizinhos oponentes. Já a regra de movimentação baseada na busca de posições desocupadas com maior quantidade de recursos pode corresponder ao tipo reativo, uma vez que os agentes, nesse caso, atuam na busca de posições mais favoráveis no ambiente. O quadro 11 apresenta de maneira sintetizada o ambiente artificial, seus recursos disponíveis, agentes e regras que representam um mercado hipotético intensivo em tecnologia com suas novas oportunidades de negócios, contendo empresas capazes de identificar tais oportunidades. A exploração destas oportunidades muitas vezes requer parcerias com outras empresas que possuem competências complementares, sendo essas parcerias feitas através da formação de alianças estratégicas. As condutas estratégicas das empresas, voltadas ao resultado ou aos interesses dos vários envolvidos na oportunidade detectada nessas alianças, interferem em seus comportamentos de cooperar ou não com os demais parceiros. O histórico

de cooperação nas alianças, construído com o passar do tempo, é determinante para formar a imagem que as empresas possuem das outras.

Objeto de estudo	Correspondente no ambiente artificial
Mercado intensivo em tecnologia.	Ambiente artificial.
Novas oportunidades de mercado.	Recursos disponíveis nas posições do ambiente.
Empresas que detectam novas oportunidades.	Agentes em movimentação.
Empresas possuidoras de competências complementares necessárias para a exploração das novas oportunidades detectadas.	Agentes vizinhos imediatos.
Características internas que formam as empresas.	Características fisiológicas dos agentes. (metabolismo e alcance de visão).
Conduta das empresas em uma aliança para exploração de novas oportunidades.	Interações entre os agentes baseada no dilema do prisioneiro.
Apropriação de ganhos oriundos da nova oportunidade explorada através da aliança formada.	Ganho de recursos após uma interação.
Perfis de conduta estratégica das empresas baseados nas teorias de <i>shareholder</i> e <i>stakeholder</i> .	Perfis de conduta dos agentes.
Competências, habilidades e conhecimentos acumulados por uma empresa.	Estoque de recurso de um agente.
Desaparecimento de uma empresa do mercado.	Morte de um agente.

Quadro 11 – Correspondência entre o ambiente artificial construído e as teorias estudadas.
Fonte: Autor.

5.6 Duração de cada execução realizada

A simulação é finalizada após um número arbitrário de ciclos de simulação. Cada ciclo de simulação, como abordado anteriormente, corresponde a uma unidade de tempo decorrida da simulação e indica uma rodada da simulação em que todos os agentes realizaram suas

movimentações e interações com os demais. Foi verificado durante os testes preliminares do modelo construído que o número de agentes vivos se movimentando e interagindo se estabiliza após certo número de ciclos, porém, uma das variáveis de saída para as análises de resultado, chamada de recurso acumulado médio dos agentes (noção a ser discutida no próximo capítulo), não se estabiliza, mantendo-se em crescimento permanente. De qualquer forma, foi possível verificar que esta segunda variável, após longo período de execução, passa a ter uma taxa de crescimento bem reduzida. Assim sendo, foi determinado que, para este projeto SBA, é adotado o número de 850 ciclos como limite de execução de cada simulação realizada. Com números grandes de interações, é possível verificar as tendências e a evolução da população. Baseando-se nas regras estabelecidas pelo *setup* e mantendo todas as execuções realizadas com o mesmo número de ciclos total, é possível um termo de comparação entre os diversos cenários idealizados e executados.

5.7 Botões de ajuste de parâmetros

Todo projeto de SBA deve ter capacidade de ajuste das variáveis que caracterizam os agentes e as regras de comportamento estabelecidas entre eles (QUEIROZ, 2010). Sendo assim, algumas das variáveis utilizadas no modelo para o estudo de cooperação e conduta das empresas durante a formação de alianças para exploração de novas oportunidades de mercado precisam estar disponíveis para ajustes de maneira simples, sem que sejam necessárias alterações nos códigos do programa.

Neste projeto de SBA, denominar-se-ão genericamente de parâmetro as variáveis passíveis de ajustes fáceis e de botão as funcionalidades de ajuste ou calibração de cada parâmetro. Um parâmetro pode ser ajustado através de uma alteração de valor da variável ou através de arrastamento de um botão (*slider*). A definição de como é ajustado cada parâmetro depende de como o projeto está sendo desenvolvido e dos valores limites inferiores e superiores de cada uma das variáveis.

O quadro 12 apresenta os parâmetros do projeto de SBA que estão sujeitos a ajustes e, dessa forma, possuem botões de ajuste. Nessa tabela também são apresentados os limites inferiores e superiores de valores permitidos para os parâmetros, quando aplicável. Todos os parâmetros possuem valores padrão, ou seja, valores sugeridos no *setup* da simulação que são

utilizados, caso não seja estabelecida nenhuma alteração arbitrária de valor através dos botões disponibilizados.

Parâmetro	Descrição	Valores padrão	Limite inferior	Limite superior
Quantidade de agentes criados	Quantidade de agentes a serem criados durante o <i>set up</i> da simulação.	850	0	2600
Faixa de metabolismos a ser atribuído aos agentes	Valor de metabolismo que pode ser atribuído a um agente em sua criação.	1 a 4	1	8
Faixa de alcances de visão a ser atribuído aos agentes	Número de posições que um agente pode visualizar para sua movimentação, determinado em sua criação.	25 a 50	1	50
Período histórico de cooperação	Número de interações passadas de um agente que será utilizado para o cálculo de seu histórico de cooperação a cada ciclo de simulação.	25	10	100
Faixa de estoque inicial a ser atribuído aos agentes	Estoque de recursos inicial (definido durante o <i>set up</i>) máximo que cada agente deve ter	5 a 25	0	250

Quadro 12 – Lista de parâmetros ajustáveis do projeto de SBA

Fonte: Autor.

Foi estabelecida anteriormente uma regra de ponderação para atribuição de perfis de conduta durante a criação dos agentes no ambiente de açúcar. Essa variável também será tratada como parâmetro, podendo seu padrão, previamente definido pelo projeto, ser alterado durante o *setup* da simulação. Vale salientar que, por se tratar de uma proporção porcentual, a soma de cada dos seus elementos resulta sempre em 100%. O quadro 13 apresenta os limites inferiores e superiores permitidos para cada um dos elementos da proporção da regra de ponderação dos perfis de conduta.

Perfil de conduta	Valores padrão	Limite inferior	Limite superior
Perfil Maximizador	45 %	30 %	50%
Perfil Equalizador	45 %	30 %	50%
Perfil Aleatório	10 %	0 %	40 %

Quadro 13 – Ajuste para regra de ponderação dos perfis de conduta

Fonte: Autor.

6 EXECUÇÃO E ANÁLISE DA SIMULAÇÃO

Este capítulo descreve o plano de execução da simulação, os passos realizados durante as execuções realizadas pelo projeto de SBA desenvolvido, o tratamento e as análises dos dados obtidos de cada cenário proposto. Das análises dos resultados obtidos, conforme proposto por Queiroz (2010), surgem as possíveis comparações entre as hipóteses simuladas e as evidências empíricas existentes que podem demandar novos questionamentos para a área da ciência estudada, permitindo o avanço da teoria e da ciência de uma forma geral.

O *software* utilizado para desenvolvimento do projeto foi o NetLogo®, versão 4.1.1 de agosto de 2010. Esse aplicativo foi escolhido por ser livre de licença, amplamente conhecido e divulgado, possuir tutoriais gratuitos de fácil acesso pela Internet, possuir várias comunidades e foros ativos e uma enorme gama de programas, rotinas e sub-rotinas disponíveis como exemplo e modelo.

Para tratamento e análise dos dados obtidos das simulações realizadas, foi utilizado o software estatístico SPSS Statistics®, versão 17.0 de agosto de 2008. Basicamente foram calculadas médias e desvios padrões de algumas variáveis e foram verificadas dependências entre variáveis através de regressão linear múltipla e análise de gráficos. Algumas transformações de dados categóricos foram realizadas para que as análises pudessem ser viabilizadas. O índice de confiança utilizado em todas as análises foi de 95%.

6.1 Execução e análise de testes preliminares

Assim que o projeto de SBA proposto por este estudo foi codificado no *software* NetLogo®, uma enorme gama de execuções foi realizada, variando-se todos os parâmetros estabelecidos para verificação de resultados. As análises de resultados foram concentradas nas chamadas variáveis de observador, ou seja, nos dados gerais obtidos da sociedade artificial emergente ao final da simulação. Essa estratégia teve como objetivo avaliar os parâmetros que realmente geram impacto no resultado final da simulação, propiciando a criação de cenários para avaliação das questões levantadas por este estudo de SBA referentes à cooperação e conduta das empresas. Questões como calibração de parâmetros de entrada, leiaute e refinamentos no modelo proposto também foram possíveis.

Variável de observador analisada	Natureza da variável	Descrição
NEMPRESAS	Parâmetro de entrada.	Número inicial de empresas.
EMSOBREV	Variável de saída.	Número de empresas sobreviventes.
PERHIST	Parâmetro de entrada.	Período histórico para cálculo de histórico de cooperação.
METABMAX	Parâmetro de entrada.	Metabolismo máximo a ser atribuído a um agente em sua criação.
ALVISMAX	Parâmetro de entrada.	Alcance de visão máximo a ser atribuído a um agente em sua criação.
ESTINIMAX	Parâmetro de entrada.	Estoque inicial máximo a ser atribuído a um agente em sua criação.
NEMPRCOOP	Variável de saída.	Número de agentes sobreviventes cooperadores.
%NEMPRCOOP	Variável de saída.	Porcentagem de agentes sobreviventes cooperadores.
NEMPRNCOOP	Variável de saída.	Número de agentes sobreviventes não cooperadores.
%NEMPRNCOOP	Variável de saída.	Porcentagem de agentes sobreviventes não cooperadores.
RECACUMM	Variável de saída.	Média de recursos acumulados pelos agentes sobreviventes.
REACUMCOOP	Variável de saída.	Média de recursos acumulados pelos agentes cooperadores sobreviventes.
REACUMNCOOP	Variável de saída.	Média de recursos acumulados pelos agentes não cooperadores sobreviventes.
DIFRECACUM	Variável de saída.	Diferença entre REACUMCOOP e REACUMNCOOP.

Quadro 14 – Variáveis de observador analisadas nos testes preliminares.

Fonte: Autor.

As variáveis de observador estão apresentadas no quadro 14. Foram tabuladas todas as variáveis de observador de 238 execuções de simulação, sendo estas realizadas com diversas alterações em cada um dos parâmetros de entrada existentes. As análises basicamente se concentraram na obtenção de relações de dependência entre os parâmetros de entrada e as variáveis de saída DIFRECACUM, representando a possibilidade de maior acúmulo médio de recursos por parte das empresas com histórico de cooperação, e %NEMPRCOOP, representando a quantidade percentual de empresas sobreviventes com histórico de cooperação ao final da simulação. Todas essas execuções foram encerradas após 850 ciclos de simulação, conforme explicado anteriormente. Foi mantida em todas as execuções a proporção padrão de perfis de conduta. Os parâmetros METABMAX e ALVISMALX representam o valor máximo de metabolismo e alcance visão a ser atribuído aleatoriamente, durante o *setup*, a cada agente de um intervalo de possibilidades que possuem como valor mínimo o número 1. O parâmetro ESTINIMAX é o estoque inicial máximo a ser atribuído a um agente durante o *set-up* cujo valor mínimo é 5.

Cálculo realizado	Valor obtido
Média de DIFRECACUM	78,32
Desvio padrão de DIFRECACUM	103,20
Média de %NEMPRCOOP	42,6%
Média de %NEMPRNCOOP	57,4%

Quadro 15 – Resultado das variáveis analisadas nos testes preliminares

Fonte: Autor.

O quadro 15 apresenta o resultado do cálculo de algumas médias dos dados extraídos de variáveis de saída das 238 execuções da simulação. Em média sobreviveram percentualmente mais empresas que possuem histórico de não cooperação. São utilizados os valores percentuais para o número de empresas sobreviventes cooperadoras e não cooperadoras, devido ao número inicial de empresas não ser constante para todas as execuções, tornando os valores absolutos de empresas sobreviventes não comparáveis.

Mesmo com o número médio de empresas cooperadoras menor, o valor da diferença entre a média de recursos acumulados pelos agentes cooperadores sobreviventes e a média de recursos acumulados pelos agentes não cooperadores sobreviventes é positivo, indicando que em média os agentes cooperadores acumulam mais recursos ao final da simulação. O desvio padrão encontrado para essa variável propõe que existem muitas situações onde esta diferença

entre as médias de recursos acumulados fica negativa. Nestas simulações executadas, o valor negativo ocorreu em 50 casos, aproximadamente 21% do total de execuções realizadas.

DIFRECACUM = f (METABMAX; NEMPRESAS)					
R	R Quadrado	R Quadrado Ajustado			
22,90%	5,23%	4,42%			
Estatística F		Alfa			
6,481		0,20%			
Parâmetros	B	Erro padrão	Alfa	Intervalo de Confiança	
				L.I.	L.S.
Constante	-9,760	26,237	71,02%	-61,450	41,929
NEMPRESAS	0,023	0,010	1,93%	0,004	0,043
METABMAX	17,821	6,809	0,94%	4,406	31,236

Figura 12 – Resultado da análise da diferença das médias dos recursos acumulados
Fonte: Autor.

Através de regressão linear, foi encontrada, para a variável de saída DIFRECACUM, relação com os parâmetros NEMPRESAS e METABMAX; as demais variáveis não obtiveram o valor de alfa (*p-valor*) abaixo de 5 %. O resultado da regressão linear pode ser observado na figura 12. Os resíduos obtidos tiveram comportamento próximo de normalmente distribuído, porém, o valor encontrado para a variável “R quadrado ajustado”, que indica, neste caso, o quanto a variação do número inicial de empresas e o metabolismo máximo atribuído aos agentes explicam a variação da diferença das médias de recursos acumulados, foi muito pequeno, inferior a 5%. Desta análise realizada não foi possível obter qualquer resultado conclusivo. Mesmo assim foi possível observar a sensibilidade do modelo aos parâmetros número inicial de empresas e metabolismo. Em situações onde a faixa de metabolismo foi mais estreita, o índice de sobrevivência foi muito reduzido.

Para a variável de saída %NEMPRCOOP também foi encontrada relação significativa com os parâmetros NEMPRESAS e METABMAX; as demais variáveis não obtiveram o valor de alfa (*p-valor*) abaixo de 5 %. O resultado da regressão linear pode ser observado na figura 13. Os resíduos obtidos não tiveram comportamento tão próximo de normalmente distribuído, contendo alguns pontos muito distantes da média, porém o valor encontrado para a variável “R quadrado ajustado”, que indica, neste caso, o quanto a variação do número inicial de empresas e o metabolismo máximo atribuído aos agentes explicam a variação da percentagem de empresas sobreviventes cooperadoras, foi maior, próxima a 40%. Desta

análise realizada foi possível verificar forte dependência da sobrevivência de empresas cooperadoras com a faixa estabelecida de metabolismo na execução da simulação e uma relação menos forte e de sinal negativo da sobrevivência de empresas cooperadoras com o número inicial de empresas, ou seja, quanto mais agentes iniciam a competição (quanto mais concorrido é o mercado em termos de número de empresas), menos empresas cooperadoras em termos percentuais sobrevivem.

%NEMPRCOOP = f (METABMAX; NEMPRESAS)					
R	R Quadrado	R Quadrado Ajustado			
62,80%	39,47%	38,95%			
Estatística F		Alfa			
76,607		0,00%			
Parâmetros	B	Erro padrão	Alfa	Intervalo de Confiança	
				L.I.	L.S.
Constante	0,387	0,021	0,00%	0,345	0,429
NEMPRESAS	-0,000081	0,0000079	0,00%	-0,000096	-0,000065
METABMAX	0,040	0,005	0,00%	0,030	0,051

Figura 13 – Resultado da análise da porcentagem de empresas cooperadoras sobreviventes
Fonte: Autor.

Os parâmetros alcance de visão máximo, período de relevância para o cálculo do histórico de cooperação e estoque inicial máximo não apresentaram significância, tanto para a variação obtida de acúmulo de recursos de empresas cooperadoras como para a variação do número percentual de empresas cooperadoras sobreviventes das 238 execuções preliminares realizadas.

6.2 Execução e análise de cenários propostos

Após as análises das execuções das simulações realizadas preliminarmente, através das variáveis de observador, verificou-se que alguns parâmetros poderiam não influenciar diretamente a emergência da cooperação, tanto no que se refere à sobrevivência de empresas cooperadoras como na riqueza destas (recursos acumulados pelo estoque de recursos). Juntamente a isso, verificou-se a forte dependência do modelo ao parâmetro metabolismo e

uma dependência um pouco menor ao parâmetro quantidade inicial de empresas. Recursos internos e eficiência, representados pelo metabolismo, são fundamentais para a sobrevivência das empresas. Quanto ao número inicial de empresas, é possível relacionar o número de competidores com a necessidade de formação de alianças, ou seja, quanto mais empresas no ambiente, maior a quantidade de interações e alianças formadas. Com o aumento da quantidade de interações, mais efeitos da estratégia de cooperar ou não cooperar podem emergir ao final da simulação.

Parâmetros de entrada	Descrição
NEMPRESAS	Número inicial de empresas.
PERHIST	Período histórico para cálculo de histórico de cooperação.
METABMIN	Metabolismo mínimo a ser atribuído a um agente em sua criação.
METABMAX	Metabolismo máximo a ser atribuído a um agente em sua criação.
ALVISMIN	Alcance de visão mínimo a ser atribuído a um agente em sua criação.
ALVISMAX	Alcance de visão máximo a ser atribuído a um agente em sua criação.
ESTINIMIN	Estoque inicial mínimo a ser atribuído a um agente em sua criação.
ESTINIMAX	Estoque inicial máximo a ser atribuído a um agente em sua criação.
PERMAXIM	Percentual de agentes com perfil de conduta maximizador
PEREQUAL	Percentual de agentes com perfil de conduta equalizador
PERALEAT	Percentual de agentes com perfil de conduta de aleatório

Quadro 16 – Parâmetros de entrada para análise dos 9 cenários propostos

Fonte: Autor.

Considerando-se que metabolismo e número inicial de empresas podem ser preponderantes no modelo proposto por este projeto de SBA, foram criados 9 cenários variando-se 2 parâmetros, conforme pode ser observado na figura 14. Os demais parâmetros foram mantidos constantes, com exceção da proporção de perfis de conduta a serem atribuídos aos agentes durante o *setup* (maiores explicações com relação a essa decisão serão

apresentadas a seguir). O quadro 16 apresenta os parâmetros de entrada utilizados nestas análises. Nas análises destes 9 cenários avaliou-se, através de regressão linear múltipla, a dependência entre a riqueza acumulada de cada empresa e as variáveis atribuídas a cada agente durante o *setup* da simulação. Estas análises de cenário não focam o ponto de vista de observador e sim apresentam detalhes sobre a sociedade artificial emergente.

Cenário 1				Cenário 2				Cenário 3			
NEMPRESAS	850			NEMPRESAS	1450			NEMPRESAS	2100		
METABMIN	1	METABMAX	4	METABMIN	1	METABMAX	4	METABMIN	1	METABMAX	4
ALVISMIN	25	ALVISMAX	50	ALVISMIN	25	ALVISMAX	50	ALVISMIN	25	ALVISMAX	50
ESTINIMIN	5	ESTINIMAX	25	ESTINIMIN	5	ESTINIMAX	25	ESTINIMIN	5	ESTINIMAX	25
PERHIST	25			PERHIST	25			PERHIST	25		
PERMAXIM	45			PERMAXIM	45			PERMAXIM	45		
PEREQUAL	45			PEREQUAL	45			PEREQUAL	45		
PERALEAT	10			PERALEAT	10			PERALEAT	10		
Cenário 4				Cenário 5				Cenário 6			
NEMPRESAS	850			NEMPRESAS	1450			NEMPRESAS	2100		
METABMIN	1	METABMAX	4	METABMIN	1	METABMAX	4	METABMIN	1	METABMAX	4
ALVISMIN	25	ALVISMAX	50	ALVISMIN	25	ALVISMAX	50	ALVISMIN	25	ALVISMAX	50
ESTINIMIN	5	ESTINIMAX	25	ESTINIMIN	5	ESTINIMAX	25	ESTINIMIN	5	ESTINIMAX	25
PERHIST	25			PERHIST	25			PERHIST	25		
PERMAXIM	50			PERMAXIM	50			PERMAXIM	50		
PEREQUAL	50			PEREQUAL	50			PEREQUAL	50		
PERALEAT	0			PERALEAT	0			PERALEAT	0		
Cenário 7				Cenário 8				Cenário 9			
NEMPRESAS	850			NEMPRESAS	1450			NEMPRESAS	2100		
METABMIN	1	METABMAX	2	METABMIN	1	METABMAX	2	METABMIN	1	METABMAX	2
ALVISMIN	25	ALVISMAX	50	ALVISMIN	25	ALVISMAX	50	ALVISMIN	25	ALVISMAX	50
ESTINIMIN	5	ESTINIMAX	25	ESTINIMIN	5	ESTINIMAX	25	ESTINIMIN	5	ESTINIMAX	25
PERHIST	25			PERHIST	25			PERHIST	25		
PERMAXIM	50			PERMAXIM	50			PERMAXIM	50		
PEREQUAL	50			PEREQUAL	50			PEREQUAL	50		
PERALEAT	0			PERALEAT	0			PERALEAT	0		

Figura 14 – Valores dos parâmetros de entrada dos 9 cenários propostos

Fonte: Autor.

Cenários com baixo número inicial de empresas foram descartados por não permitirem grande quantidade de interações entre as empresas, fragilizando as análises sobre cooperação e conduta empresarial na formação de alianças. Dessa forma, os cenários basicamente avaliam mercados com média (850 agentes), alta (1450 agentes) e muito alta (2100 agentes) concentração de empresas. A partir do quarto cenário executado e analisado foi descartado o perfil aleatório, por se perceber que este gerou algumas perturbações no resultado da simulação (distribui comportamento aleatório de cooperador e não cooperador com

ponderação de 50%) e criou ruídos nas análises. O intervalo de alcance de visão, como observado nas análises preliminares do ponto de vista de observador, não afetou significativamente o resultado das simulações.

Variável do agente	Descrição
RECACUM	Recursos acumulados da empresa.
HISTCOOP	Histórico de cooperação calculado de cada empresa. Variável categórica onde 0 representa a não cooperação e 1 representa cooperação.
PERCOND	Perfil de conduta de cada empresa. Variável categórica onde 1 representa o perfil maximizador, 2 representa o perfil equalizador e 3 o perfil aleatório.
MAX	Tratamento dado à variável PERCOND, onde 1 é atribuído ao perfil maximizador e 0 aos demais perfis.
EQUI	Tratamento dado à variável PERCOND, onde 1 é atribuído ao perfil equalizador e 0 aos demais perfis. Para os casos de simulação com ausência do perfil aleatório, EQUI assume 1 para o perfil equalizador e 0 para o perfil maximizador.
METAB	Metabolismo de cada empresa.
METABHIST	Produto da variável METAB e variável HISTCOOP.
METABMAX	Produto da variável METAB e variável MAX.
METABEQUI	Produto da variável METAB e variável EQUI.
ALCVISAO	Alcance de visão de cada empresa.
ALCVISAOHIST	Produto da variável ALCVISAO e variável HISTCOOP.
ALCVISAOMAX	Produto da variável ALCVISAO e variável MAX.
ALCVISAOEQUI	Produto da variável ALCVISAO e variável EQUI.

Quadro 17 – Variáveis dos agentes analisados nos 9 cenários propostos.

Fonte: Autor.

A decisão do projeto foi mantê-lo fixo em todos os cenários e com valores bem altos (de 25 a 50), assim as empresas, respeitando o conceito de vizinhança de Von Neumann, podem ter ampla visão das oportunidades existentes em todo o ambiente artificial, propiciando maiores chances de locomoção e formações de alianças. O intervalo de estoque inicial de recursos e o período relevante para cálculo do histórico de cooperação foram

mantidos constantes e com valores medianos, permitindo certo ganho de desempenho no tempo de execução das simulações.

Para cada cenário foram realizadas três simulações idênticas e as informações dos agentes sobreviventes obtidas de cada uma delas foram juntadas para as análises. O quadro 17 apresenta as variáveis de cada agente sobrevivente que foram analisadas.

Um último ajuste no modelo construído de SBA foi realizado para execução destas análises. Foi alterado o metabolismo para que este pudesse assumir valores com uma casa decimal. Anteriormente o metabolismo de cada agente era um valor inteiro. Desta forma, um agente pode ter, por exemplo, o metabolismo de 1,2 unidades de recursos enquanto outro pode ter seu metabolismo igual a 3,1 unidades de recursos. Essa medida foi tomada para melhorar o desempenho das análises, já que a faixa de metabolismo dos agentes sobreviventes se apresentou bastante estreita durante os testes preliminares.

RECACUM = f (METAB; EQUI; MAX)					
R	R Quadrado	R Quadrado Ajustado			
99,10%	98,16%	98,15%			
Estatística F		Alfa			
25810,394		0,00%			
Parâmetros	B	Erro padrão	Alfa	Intervalo de Confiança	
				L.I.	L.S.
(Constante)	2366,057	7,377	0,00%	2351,586	2380,528
METAB	-844,115	3,042	0,00%	-850,082	-838,148
EQUI	173,810	5,813	0,00%	162,408	185,213
MAX	194,384	5,829	0,00%	182,949	205,818
Cenário 1: 1458 registros					

Figura 15 – Resultado da análise do cenário 1.
Fonte: Autor.

Para o cenário 1, foi encontrada relação entre a variável RECACUM (variável dependente) e as variáveis METAB, EQUI e MAX, sendo que as demais analisadas não obtiveram o valor de alfa (*valor-p*) abaixo de 5 %. O resultado da regressão linear pode ser observado na figura 15. Os resíduos obtidos tiveram comportamento muito próximo de normalmente distribuído e o valor encontrado para a variável “R quadrado ajustado”, que indica, neste caso, o quanto a variação de recursos acumulados é explicado pelo metabolismo e pelo perfil de conduta dos agentes, foi muito alto, superior a 98%. Dessa análise realizada

foi possível verificar, em um cenário de média competição e heterogeneidade de metabolismos, que os perfis de conduta das empresas são significantes. Os agentes com perfil maximizador, que nunca cooperam, possuem pequena vantagem sobre os equalizadores em termos de acúmulo de recursos, porém os equalizadores se mostram também viáveis em termos de sobrevivência e acúmulo de recursos. Como já dito anteriormente, o metabolismo é significativo e fundamental para a sobrevivência de todas as empresas. O alcance de visão e as demais variáveis não influenciaram no sucesso das empresas da sociedade emergente.

RECACUM = f (METAB; EQUI; MAX; METABEQUI)					
	R	R	R		
	Quadrado	Quadrado	Quadrado		
	Ajustado	Ajustado	Ajustado		
	98,50%	97,03%	97,03%		
	Estatística F	Alfa			
	16069,780	0,00%			
Parâmetros	B	Erro padrão	Alfa	Intervalo de Confiança	
				L.I.	L.S.
(Constante)	2093,483	8,280	0,00%	2077,245	2109,722
METAB	-841,054	4,271	0,00%	-849,431	-832,677
EQUI	209,780	12,143	0,00%	185,965	233,595
MAX	230,076	5,639	0,00%	219,017	241,134
METABEQUI	13,953	6,797	4,02%	0,623	27,283
Cenário 2: 1971 registros					

Figura 16 – Resultado da análise do cenário 2.
Fonte: Autor.

Para o cenário 2, foi encontrada relação entre a variável RECACUM (variável dependente) e as variáveis METAB, EQUI, MAX e METABEQUI, sendo que as demais variáveis analisadas não obtiveram o valor de alfa (*valor-p*) abaixo de 5 %. O resultado da regressão linear pode ser observado na figura 16. Os resíduos obtidos tiveram comportamento muito próximo de normalmente distribuído e o valor encontrado para a variável “R quadrado ajustado”, que indica, neste caso, o quanto a variação de recursos acumulados é explicado pelo metabolismo, pelo perfil de conduta dos agentes e pelo produto do metabolismo pelo perfil de conduta equalizador, foi muito alto, superior a 97%. Desta análise realizada foi possível verificar, em um cenário de alta competição e heterogeneidade de metabolismos, que os perfis de conduta das empresas são significantes. Os agentes com perfil maximizador, que nunca cooperam, possuem pequena vantagem sobre os equalizadores em termos de acúmulo

de recursos. Neste cenário também foi possível verificar que, conforme o metabolismo de agentes equalizadores aumenta, tais agentes aumentam seus recursos acumulados (como pode ser visto pela significância de METABEQUI). O alcance de visão e as demais variáveis não influenciaram no sucesso das empresas da sociedade emergente.

RECACUM = f (METAB; EQUI; MAX; METABMAX)					
R	R Quadrado	R Quadrado Ajustado			
96,40%	92,86%	92,84%			
Estatística F		Alfa			
5785,741		0,00%			
Parâmetros	B	Erro padrão	Alfa	Intervalo de Confiança	
				L.I.	L.S.
(Constante)	1834,745	16,156	0,00%	1803,058	1866,433
METAB	-774,652	10,675	0,00%	-795,588	-753,716
MAX	293,644	19,169	0,00%	256,048	331,240
EQUI	201,599	6,545	0,00%	188,762	214,437
METABMAX	-60,403	12,591	0,00%	-85,097	-35,708
Cenário 3: 1785 registros					

Figura 17 – Resultado da análise do cenário 3.
Fonte: Autor.

Para o cenário 3, foi encontrada relação entre a variável RECACUM (variável dependente) e as variáveis METAB, EQUI, MAX e METABMAX, sendo que as demais variáveis analisadas não obtiveram o valor de alfa (*p-valor*) abaixo de 5 %. O resultado da regressão linear pode ser observado na figura 17. Os resíduos obtidos tiveram comportamento muito próximo de normalmente distribuído e o valor encontrado para a variável “R quadrado ajustado”, que indica, neste caso, o quanto a variação de recursos acumulados é explicado pelo metabolismo, pelos perfis de conduta dos agentes e pelo produto do metabolismo pelo perfil de conduta maximizador, foi alto, próximo a 93%. Desta análise realizada foi possível verificar, em um cenário de muito alta competição e maior heterogeneidade de metabolismos, que os perfis de conduta são significantes. Os agentes com perfil maximizador, que nunca cooperam, possuem boa vantagem sobre os equalizadores em termos de acúmulo de recursos. Neste cenário também foi possível verificar que, conforme o metabolismo de agentes maximizadores diminui, tais agentes aumentam seus recursos acumulados (como pode ser

visto pela significância de METABMAX). O alcance de visão e as demais variáveis não influenciaram no sucesso das empresas da sociedade emergente.

RECACUM = f (METAB; HISTCOOP)					
R	R Quadrado	R Quadrado Ajustado			
99,10%	98,23%	98,23%			
Estadística F	Alfa				
39611,506	0,00%				
Parâmetros	B	Erro padrão	Alfa	Intervalo de Confiança	
				L.I.	L.S.
(Constante)	2517,103	6,019	0,00%	2505,295	2528,911
HISTCOOP	24,751	3,203	0,00%	18,468	31,034
METAB	-839,888	2,988	0,00%	-845,749	-834,028
Cenário 4: 1429 registros					

Figura 18 – Resultado da análise do cenário 4.
Fonte: Autor.

Para o cenário 4, foi encontrada relação entre a variável RECACUM (variável dependente) e as variáveis METAB e HISTCOOP, sendo que as demais variáveis analisadas não obtiveram o valor de alfa (*valor-p*) abaixo de 5 %. O resultado da regressão linear pode ser observado na figura 18. Os resíduos obtidos tiveram comportamento muito próximo de normalmente distribuído e o valor encontrado para a variável “R quadrado ajustado”, que indica, neste caso, o quanto a variação de recursos acumulados é explicado pelo metabolismo e pelo histórico de cooperação, foi muito alto, superior a 98%. Sem a presença do perfil aleatório, foi possível estabelecer uma relação direta entre o histórico de cooperação das empresas com o desempenho destas em termos de conquistas de recursos, além da relação da variável dependente com o metabolismo, sempre presente. Neste cenário de média competição e heterogeneidade de metabolismos, o coeficiente “B” da variável HISTCOOP foi positivo, indicando que uma empresa com histórico de cooperação, em relação a uma com histórico de não cooperação, tem maior acúmulo de recursos. O alcance de visão e as demais variáveis não influenciaram no sucesso das empresas da sociedade emergente. O perfil aleatório, ausente neste cenário, gera certo ruído na variável HISTCOOP dos registros analisados, já que vários registros do total existente, referentes ao perfil de conduta aleatório,

possuem histórico de cooperação formado por efeito da aleatoriedade da estratégia de cooperação adotada.

RECACUM = f (METAB; HISTCOOP; METABEQUI)					
R	R Quadrado	R Quadrado Ajustado			
98,40%	96,89%	96,88%			
Estatística F		Alfa			
19544,027		0,00%			
Parâmetros	B	Erro padrão	Alfa	Intervalo de Confiança	
(Constante)	2275,399	6,806	0,00%	L.I. 2262,050	L.S. 2288,748
METAB	-841,665	3,949	0,00%	-849,411	-833,920
METABEQUI	17,086	4,694	0,03%	7,880	26,291
HISTCOOP	25,821	8,002	0,13%	10,126	41,515
Cenário 5: 1888 registros					

Figura 19 – Resultado da análise do cenário 5.
Fonte: Autor.

Para o cenário 5, foi encontrada relação entre a variável RECACUM (variável dependente) e as variáveis METAB, HISTCOOP e METABEQUI, sendo que as demais variáveis analisadas não obtiveram o valor de alfa (*valor-p*) abaixo de 5 %. O resultado da regressão linear pode ser observado na figura 19. Os resíduos obtidos tiveram comportamento muito próximo de normalmente distribuído e o valor encontrado para a variável “R quadrado ajustado”, que indica, neste caso, o quanto a variação de recursos acumulados é explicado pelo metabolismo, pelo histórico de cooperação e pelo produto do metabolismo pelo perfil de conduta equalizador, foi muito alto, próximo a 97%. Sem a presença do perfil aleatório, foi possível mais uma vez estabelecer uma relação direta entre o histórico de cooperação das empresas com o desempenho destas em termos de conquistas de recursos, além da relação da variável dependente com o metabolismo. Neste cenário de alta competição e heterogeneidade de metabolismos, o coeficiente “B” da variável HISTCOOP foi positivo, indicando que uma empresa com histórico de cooperação, em relação a uma com histórico de não cooperação, tem maior acúmulo de recursos. Os agentes com perfil de conduta equalizador, neste cenário idealizado de alta competição, obtêm acréscimo de recursos acumulados conforme seus metabolismos aumentam. Provavelmente a conduta equilibrada e conservadora dos agentes equalizadores (cooperam, mas se defendem diante de não cooperadores) aumenta a chance de

sucesso dos agentes, mesmo que estes possuam metabolismos um pouco maiores. O alcance de visão e as demais variáveis não influenciaram no sucesso das empresas da sociedade emergente.

RECACUM = f (METAB; METABEQUI)					
	R	R	R		
	Quadrado	Quadrado	Quadrado Ajustado		
	97,00%	94,11%	94,10%		
Estatística F		Alfa			
13219,715		0,00%			
Parâmetros	B	Erro padrão	Alfa	Intervalo de Confiança	
				L.I.	L.S.
(Constante)	2123,317	8,031	0,00%	2107,564	2139,070
METAB	-840,025	5,387	0,00%	-850,591	-829,460
METABEQUI	36,544	2,422	0,00%	31,793	41,295
Cenário 6: 1658 registros					

Figura 20 – Resultado da análise do cenário 6.
Fonte: Autor.

Para o cenário 6, foi encontrada relação entre a variável RECACUM (variável dependente) e as variáveis METAB e METABEQUI, sendo que as demais variáveis analisadas não obtiveram o valor de alfa (*valor-p*) abaixo de 5 %. O resultado da regressão linear pode ser observado na figura 20. Os resíduos obtidos tiveram comportamento muito próximo de normalmente distribuído e o valor encontrado para a variável “R quadrado ajustado”, que indica, neste caso, o quanto a variação de recursos acumulados é explicado pelo metabolismo e pelo produto do metabolismo pelo perfil de conduta equalizador, foi muito alto, superior a 94%. Mesmo sem a presença do perfil aleatório, para este cenário não foi possível estabelecer uma relação direta entre o histórico de cooperação das empresas e o desempenho destas em termos de conquistas de recursos. Neste cenário de muito alta competição e heterogeneidade de metabolismos, a relação entre a variável dependente e a METABEQUI pode indicar que a estratégia de cooperação de uma empresa por si só não oferece ganhos em termos de recursos acumulados. Devido à alta competição do ambiente, a conduta equilibrada e conservadora do perfil de conduta equalizador (cooperam, mas se defendem diante de não cooperadores), associada ao metabolismo, permitem diferenciação e o aumento dos ganhos em termos de recursos acumulados. Os agentes com perfil de conduta equalizador, neste cenário idealizado, obtêm acréscimo de recursos acumulados conforme

seus metabolismos aumentam. O alcance de visão e as demais variáveis não influenciaram no sucesso das empresas da sociedade emergente.

RECACUM = f (METAB; EQUI; METABEQUI; METABHIST; ALCVISAOHIST)					
R	R Quadrado	R Quadrado Ajustado			
95,60%	91,47%	91,45%			
Estadística F	Alfa				
3834,266	0,00%				
Parâmetros	B	Erro padrão	Alfa	Intervalo de Confiança	
				L.I.	L.S.
(Constante)	1911,910	9,974	0,00%	1892,347	1931,472
METAB	-835,707	6,818	0,00%	-849,078	-822,335
EQUI	-154,390	22,054	0,00%	-197,644	-111,135
METABEQUI	55,843	17,236	0,12%	22,037	89,649
METABHIST	43,745	11,229	0,01%	21,721	65,769
ALCVISAOHIST	-0,798	0,346	2,13%	-1,477	-0,119
Cenário 7: 1794 registros					

Figura 21 – Resultado da análise do cenário 7.

Fonte: Autor.

Para o cenário 7, foi encontrada relação entre a variável RECACUM (variável dependente) e as variáveis METAB, EQUI, METABEQUI, METABHIST e ALCVISAOHIST, sendo que as demais variáveis analisadas não obtiveram o valor de alfa (*valor-p*) abaixo de 5 %. O resultado da regressão linear pode ser observado na figura 21. Os resíduos obtidos tiveram comportamento muito próximo de normalmente distribuído e o valor encontrado para a variável “R quadrado ajustado”, que indica, neste caso, o quanto a variação de recursos acumulados é explicada pelo metabolismo, pelo perfil de conduta equalizador, pelo produto do metabolismo pelo perfil de conduta equalizador, pelo produto do metabolismo pelo histórico de cooperação e pelo produto do alcance de visão pelo histórico de cooperação, foi muito alto, superior a 91%. Para este cenário de média competição e homogeneidade de metabolismos foi possível verificar que o coeficiente “B” da variável EQUI é negativo, podendo indicar que os maximizadores possuem boa vantagem sobre os equalizadores em termos de acúmulo de recursos. O valor negativo da variável EQUI é atenuado pelas variáveis METABEQUI e METABHIST conforme o metabolismo das empresas equalizadoras aumenta. O alcance de visão se apresentou significativo, porém

contribuindo fracamente com acúmulo de recursos. As demais variáveis não influenciaram no sucesso das empresas da sociedade emergente.

RECACUM = f (METAB; EQUI; METABHIST; ALCVISAOEQUI)					
R	R Quadrado	R Quadrado Ajustado			
95,40%	91,02%	91,00%			
Estatística F		Alfa			
4827,357		0,00%			
Parâmetros	B	Erro padrão	Alfa	Intervalo de Confiança	
(Constante)	1486,757	9,010	0,00%	L.I. 1469,087	L.S. 1504,427
METAB	-831,028	6,950	0,00%	-844,657	-817,398
EQUI	-296,335	10,866	0,00%	-317,646	-275,025
METABHIST	27,605	4,879	0,00%	18,035	37,174
ALCVISAOEQUI	-0,577	0,279	3,91%	-1,125	-0,029
Cenário 8: 1911 registros					

Figura 22 – Resultado da análise do cenário 8.
Fonte: Autor.

Para o cenário 8, foi encontrada relação entre a variável RECACUM (variável dependente) e as variáveis METAB, EQUI, METABHIST e ALCVISAOEQUI, sendo que as demais variáveis analisadas não obtiveram o valor de alfa (*valor-p*) abaixo de 5 %. O resultado da regressão linear pode ser observado na figura 22. Os resíduos obtidos tiveram comportamento muito próximo de normalmente distribuído e o valor encontrado para a variável “R quadrado ajustado”, que indica, neste caso, o quanto a variação de recursos acumulados é explicado pelo metabolismo, pelo perfil de conduta equalizador, pelo produto do metabolismo pelo histórico de cooperação e pelo produto do alcance de visão pelo perfil de conduta equalizador, foi muito alto, igual a 91%. Para este cenário de alta competição e homogeneidade de metabolismos, foi possível verificar que o coeficiente “B” da variável EQUI é negativo, podendo indicar que os maximizadores possuem boa vantagem sobre os equalizadores em termos de acúmulo de recursos. O valor negativo da variável EQUI é atenuado pela variável METABHIST conforme o metabolismo das empresas cooperadoras aumenta. O alcance de visão se apresentou significativo (através da variável ALCVISAOEQUI), porém contribuindo fracamente com o aumento de acúmulo de recursos. As demais variáveis não influenciaram no sucesso das empresas da sociedade emergente.

RECACUM = f (METAB; EQUI; METABEQUI; ALCVISAOHIST)					
R	R Quadrado	R Quadrado Ajustado			
96,60%	93,34%	93,33%			
Estadística F	Alfa				
7113,853	0,00%				
Parâmetros	B	Erro padrão	Alfa	Intervalo de Confiança	
(Constante)	1348,958	8,359	0,00%	L.I. 1332,564	L.S. 1365,351
METAB	-827,741	6,929	0,00%	-841,330	-814,152
EQUI	-452,185	26,263	0,00%	-503,690	-400,680
METABEQUI	121,460	24,315	0,00%	73,776	169,145
ALCVISAOHIST	0,475	0,176	0,72%	0,128	0,821
Cenário 9: 2035 registros					

Figura 23 – Resultado da análise do cenário 9.
Fonte: Autor.

Para o cenário 9, foi encontrada relação entre a variável RECACUM (variável dependente) e as variáveis METAB, EQUI, METABEQUI e ALCVISAOHIST, sendo que as demais variáveis analisadas não obtiveram o valor de alfa (*valor-p*) abaixo de 5 %. O resultado da regressão linear pode ser observado na figura 23. Os resíduos obtidos tiveram comportamento muito próximo de normalmente distribuído e o valor encontrado para a variável “R quadrado ajustado”, que indica, neste caso, o quanto a variação de recursos acumulados é explicada pelo metabolismo, pelo perfil de conduta equalizador, pelo produto do metabolismo pelo perfil de conduta equalizador e pelo produto do alcance de visão pelo histórico de cooperação, foi muito alto, superior a 93%. Para este cenário de muito alta competição e homogeneidade de metabolismos, foi possível verificar que o coeficiente “B” da variável EQUI é negativo, podendo indicar que os maximizadores possuem boa vantagem sobre os equalizadores em termos de acúmulo de recursos. O valor negativo da variável EQUI é atenuado pela variável METABEQUI conforme o metabolismo das empresas equalizadoras aumenta. O alcance de visão se apresentou significativo (através da variável ALCVISAOHIST), porém contribuindo fracamente com o aumento de acúmulo de recursos. As demais variáveis não influenciaram no sucesso das empresas da sociedade emergente.

De maneira geral, em todos os cenários analisados, os recursos internos, as competências especiais e a eficiência das empresas, representadas pelo metabolismo dos agentes, se mostraram essenciais para a sobrevivência e sucesso em termos de acúmulo de recursos. A capacidade de percepção das novas oportunidades existentes no mercado,

representadas pelo alcance de visão dos agentes, não se mostrou significativa. A conduta que representa a teoria dos *shareholders* parece ser a mais apropriada em termos de acúmulo de recursos.

6.3 Análises complementares

Os recursos internos, as competências especiais e a eficiência das empresas, representadas pelo metabolismo dos agentes, se mostraram essenciais para a sobrevivência e sucesso em termos de aumento de riqueza, representado pelo acúmulo de recursos ao final da simulação, no mercado caracterizado por este estudo. Já a capacidade de percepção das novas oportunidades existentes no mercado, representadas pelo alcance de visão dos agentes, não se mostrou importante para a sobrevivência e sucesso das empresas. Mesmo com o alcance visão tendo aparecido como significativo nos cenários 7, 8 e 9 (através das variáveis ALCVISAOEQUI ou ALCVISAOHIST), os valores obtidos de “B” (coeficientes resultantes das regressões lineares executadas) não tornam essa característica essencial.

Uma possível explicação para a baixa ou nenhuma influência do alcance visão no modelo proposto por este estudo pode estar no fato de os recursos disponíveis, contidos nas posições do ambiente artificial, estarem dispersos de forma aleatória. Assim, não é necessária eficiência para se detectar posições com maior quantidade de recursos disponíveis em posições longínquas, diferentemente do modelo original do ambiente de açúcar proposto por Epstein e Axtell (1996). Cabe futuramente um estudo de dispersão de recursos disponíveis, distribuindo-os por quadrantes, como no caso dos morros de açúcar do ambiente de açúcar, para a verificação da influência do alcance de visão na sobrevivência e sucesso dos agentes.

Empresas em mercados intensivos em tecnologia com falta ou difícil obtenção de informação sobre o histórico de cooperação ou não cooperação das demais (ou com muitas empresas imprevisíveis em relação às estratégias de cooperação) são mais influenciadas por suas próprias condutas internas do que pela avaliação do histórico de estratégias adotadas dos parceiros durante a formação de alianças. Esse fenômeno foi verificado durante as análises dos cenários 1, 2 e 3, já que o perfil aleatório inseriu ruído nas análises referente à variável histórico de cooperação. O perfil de conduta maximizador influenciou mais a variável estoque de recursos (recursos acumulados) que o perfil equalizador, como pode ser observado nos valores de “B” obtidos nos 3 primeiros cenários analisados (“B” das variáveis MAX foi

positivo e maior que “B” das variáveis EQUI). De qualquer forma, a cooperação emergiu, pois empresas com histórico de cooperação sobreviveram. Empresas que representam a teoria de *shareholders* levaram alguma vantagem sobre aquelas que representam a teoria de *stakeholders*.

As empresas com histórico de cooperação, tanto em média como em alta competição (cenários 4 e 5), mostraram ter maior sucesso, se comparadas com aquelas com histórico de não cooperação em mercados com maior diversidade de empresas, quanto às suas características, recursos internos (agentes criados com maior faixa de metabolismos) e clareza de conduta empresarial (sem o efeito do perfil de conduta aleatório). Esse fenômeno pode ser observado através do coeficiente “B” da variável HISTCOOP que é positivo nos dois cenários. Já em mercados de muito alta competição, a conduta que representa a teoria dos *stakeholders* parece inserir um diferencial no sucesso das empresas. Uma grande competitividade em mercados intensivos em tecnologia (cenário 6) parece fazer com que o histórico de cooperação das empresas não seja determinante no acúmulo de recursos internos. A conduta equilibrada e conservadora na formação de alianças, aliada às características internas, é que parece ser significativa para o sucesso das empresas (“B” da variável METABEQUI foi positivo).

As empresas com o perfil de conduta que representa a teoria de *shareholders*, tanto em média como em alta competição e com menor diversidade de empresas quanto às suas características, recursos internos (agentes criados com pequena faixa de metabolismos) e clareza de conduta (sem o efeito do perfil de conduta aleatório) apresentaram maior sucesso em termos de acúmulo de recursos. Esse fenômeno pôde ser verificado, nos cenários 7 e 8, através da observação do coeficiente “B” das variáveis EQUI, que foram negativos, e de valores grandes em termos absolutos. Em mercados de muito alta competição, a conduta que representa a teoria dos *shareholders* parece também ser a determinante no sucesso das empresas. Uma grande competitividade em mercados intensivos em tecnologia (cenário 9) também parece fazer com que o histórico de cooperação das empresas não seja significativo no acúmulo de recursos internos.

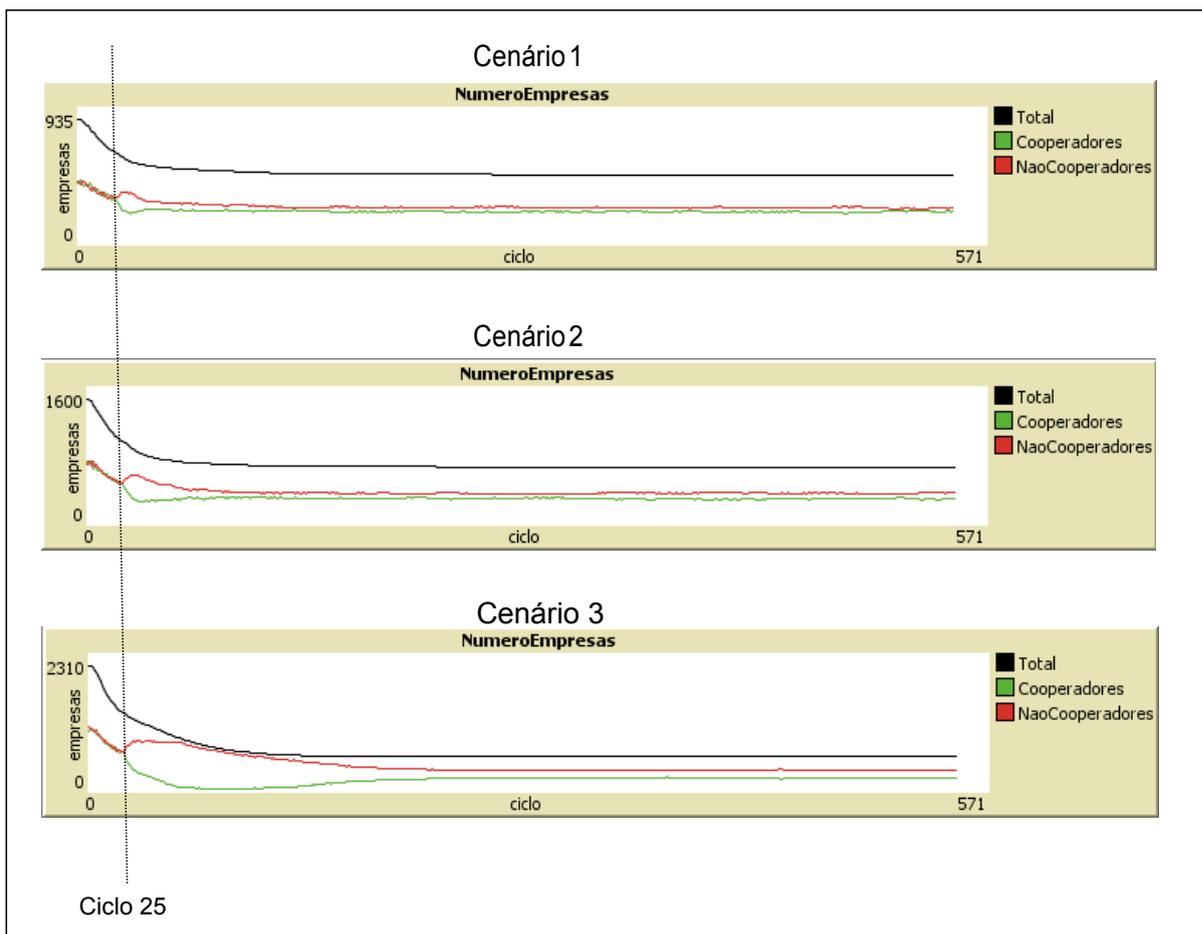


Figura 24 – Gráficos de sobrevivência de empresas referentes aos cenários 1, 2 e 3.

Fonte: Autor.

Nota: Gráficos extraídos do *software* NetLogo©

As figuras 24 e 25 apresentam os gráficos contendo o número de empresas sobreviventes total, que cooperam e que não cooperam, ao longo dos ciclos de simulação para os cenários 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7. É possível verificar que o número de empresas emergentes cooperadoras e não cooperadoras é muito equilibrado nos cenários 1 e 4, onde existe uma concentração mediana de empresas inseridas no mercado intensivo em tecnologia e uma faixa maior de metabolismos distribuídos entre tais empresas. Nos cenários 2, 3, 5 e 6 é possível a verificação de que o número de empresas cooperadoras é menor que o de empresas não cooperadoras. No caso do cenário 7, o número de empresas inicial é mediano, mas a faixa de metabolismo é mais estreita, provocando uma redução relativa no número de empresas cooperadoras emergentes. Todos esses resultados corroboram a análise realizada durante a execução dos testes preliminares, do ponto de vista de observador, que apresentou a variável %NEMPRCOOP como tendo relação significativa com os parâmetros NEMPRESAS e METABMAX.

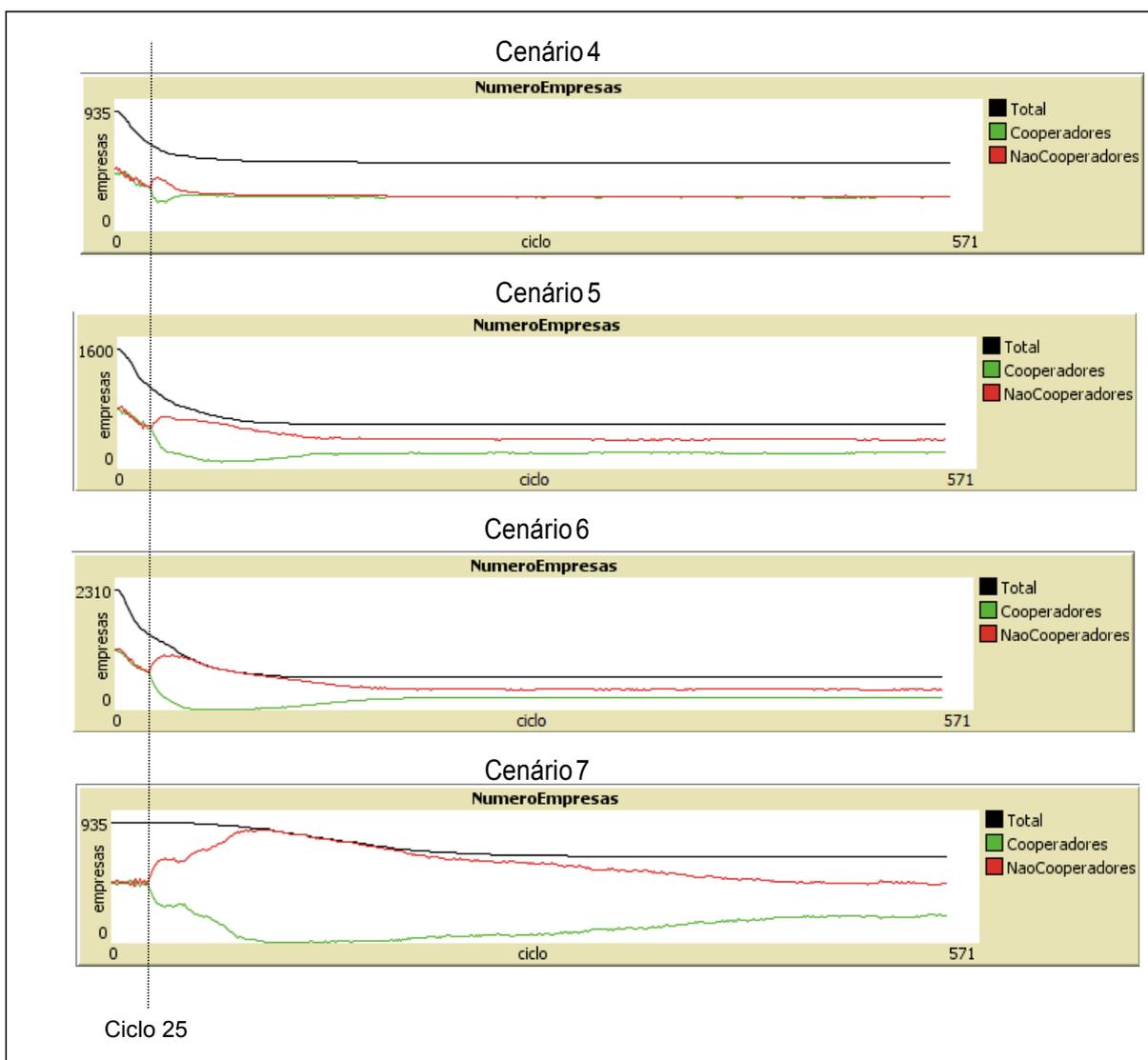


Figura 25 – Gráficos de sobrevivência de empresas referentes aos cenários 4, 5, 6 e 7.

Fonte: Autor.

Nota: Gráficos extraídos do *software* NetLogo©

Um último ponto a ser analisado é a pouca emergência de empresas cooperadoras dos cenários 8 e 9. Esse fenômeno pode explicar os altos valores em termos absolutos encontrados nas variáveis EQUI desses cenários e a baixa ou nenhuma influência das variáveis ligadas ao histórico de cooperação. O perfil maximizador apresentou maior influência, se comparado ao equalizador, já que o sinal das variáveis EQUI foi negativo. Em mercados de alta e muito alta competição em termos de número de empresa e homogeneidade e em termos de características e recursos internos das empresas, a cooperação praticamente não emergiu. A estratégia de não cooperação, mesmo por parte de empresas que representam a teoria de *stakeholders*, é que garantiu a sobrevivência e o acúmulo de recursos internos.

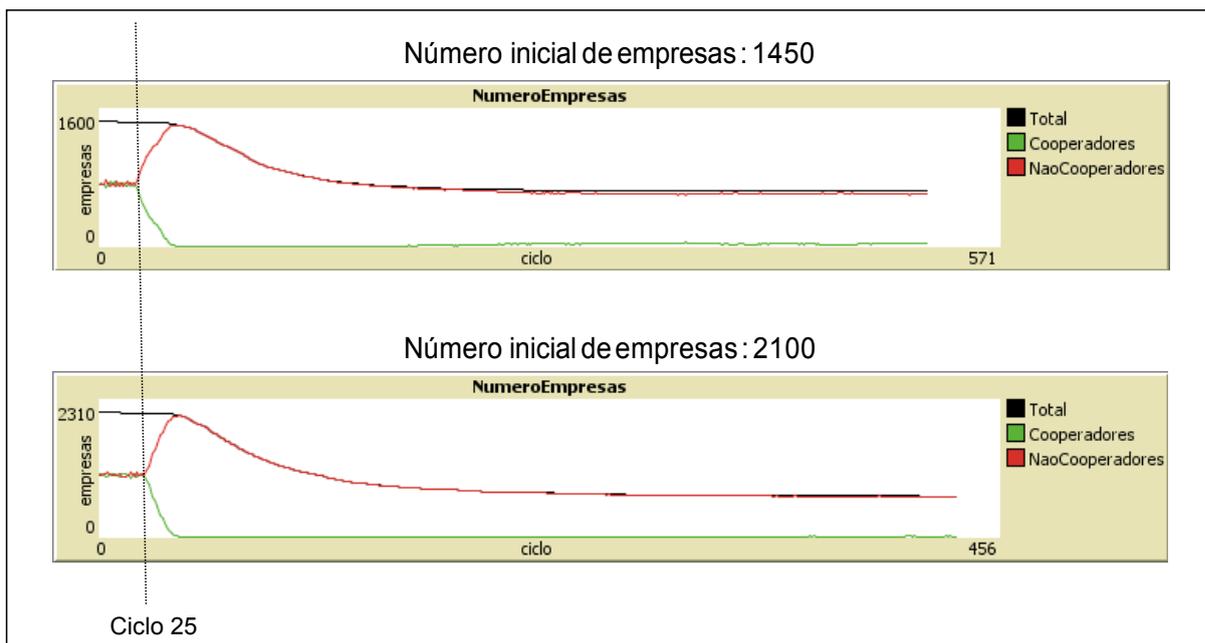


Figura 26 – Gráficos de sobrevivência de empresas referentes aos cenários 8 e 9.

Fonte: Autor.

Nota: Gráficos extraídos do *software* NetLogo©

A figura 26 apresenta os gráficos contendo o número de empresas sobreviventes que cooperam, não cooperam e um total para os cenários 8 e 9. Após o ciclo 25, momento em que o histórico de cooperação ou não cooperação começa a influenciar na estratégia das empresas durante as interações nas alianças formadas, o número de empresas cooperadoras cai até a quase extinção. Para o caso do cenário 9, esse fenômeno é ainda mais acentuado.

7 CONCLUSÃO

O ambiente artificial construído por este projeto de SBA representa um mercado como os intensivos em tecnologia, no qual as alianças entre empresas para complementação de competências e habilidades, como proposto por Porter (1990), são fundamentais para exploração de novas oportunidades. Os agentes representam as empresas que atuam nesse mercado e que possuem especialização cada vez maior, necessitando de complementaridade de habilidades através de formações de alianças, como proposto por Doz e Hamel (2000), para exploração de novas oportunidades de mercado ou, no caso deste projeto de SBA, para se apropriar de recursos vitais disponíveis no ambiente artificial.

O metabolismo pode ser entendido como as competências especiais de uma empresa, como proposto por Barney (1991), que são aprimoradas a cada conquista e adequadas à exploração de novas oportunidades de mercado que lhe permitem sobreviver. Tais competências especiais das empresas representam custos de obtenção, desenvolvimento e manutenção. As empresas possuem capacidades diferentes de percepção de novas oportunidades de mercado. Tais capacidades de percepção variam de acordo com diversos fatores e são limitadas, conforme proposta de racionalidade limitada de Simon (1991). Tanto o metabolismo como o alcance de visão dos agentes podem ser considerados como a representação dos recursos internos das empresas. Tais recursos são próprios e caracterizam as empresas.

Na maioria dos cenários simulados e analisados pelo modelo proposto por este projeto de SBA, a cooperação entre as empresas na formação de alianças emergiu. Em mercados com maior diversidade de empresas em termos de eficiência e recursos internos e média concentração de empresas competindo no mercado, a cooperação emergiu e a quantidade de sobreviventes que cooperam e não cooperam foi equilibrada. Esse resultado pode indicar que a cooperação é possível em mercados competitivos intensivos em tecnologia, principalmente quando existe heterogeneidade de empresas competindo e número equilibrado de competidores. Essas evidências corroboram Axelrod (2010) que propõe que a cooperação pode ser encontrada sob circunstâncias adequadas, mesmo entre adversários ou, neste caso, competidores. Foi verificado também que os agentes, para o logro de objetivos individuais (acúmulo de recursos disponíveis no ambiente), valem-se, de fato, na possibilidade de recorrer ao apoio de outros, neste caso através da cooperação, conforme proposto por Conte e Sichman (1995).

A cooperação não emergiu somente nos mercados onde a diferenciação entre as empresas em termos de eficiência e recursos internos foi menor e o número de competidores existentes foi grande ou muito grande. Essas evidências corroboram de certa forma o proposto por Doz e Hamel (2000), uma vez que, em um mercado acirrado e com dificuldade em termos de obtenção de novos recursos, dada a alta competição, pode surgir incompatibilidades de objetivos que fragilizam a base de cooperação necessária para que as empresas complementem suas competências no desenvolvimento e na exploração das oportunidades de mercado.

O acúmulo de recursos ao longo do tempo, realizado através da apropriação das oportunidades existentes no mercado e da formação de alianças, parece apontar que o perfil que representa a teoria de *shareholders* é mais eficiente que o perfil que representa a teoria de *stakeholders*. Na maioria dos cenários simulados e analisados, o modelo de representação dos *shareholders* se apresentou mais eficiente em termos de acúmulo de recursos. Essas evidências corroboram o proposto por Jensen (2001) de que existe contradição entre a teoria de *stakeholders* e a maximização do lucro.

Com este estudo também foi possível verificar que um projeto SBA, como proposto por Sakurada e Miyake (2009), torna possível representar entidades com comportamento individual, descentralizado e autônomo, possibilitando a modelagem de elementos complexos de difícil representação, tais como comunicação, interação entre indivíduos e cooperação.

8 LIMITAÇÕES E PESQUISAS FUTURAS

Neste capítulo são apresentadas as limitações existentes neste estudo e as possíveis pesquisas futuras que foram identificadas ao longo da realização do trabalho. O modelo de simulação foi construído com o propósito de responder a um grupo de perguntas de pesquisa e, como proposto por Cioffi-Revilla (2010), abre oportunidades para novos questionamentos, refinamentos e detalhamentos ligados à pesquisa desenvolvida.

8.1 Limitações

O modelo de ambiente artificial proposto e as regras atribuídas aos seus agentes apresentam grandes limitações por retratarem de maneira simplificada o mercado intensivo em tecnologia e as empresas nele competindo. Existem outras questões e regras que caracterizam o ambiente real e os indivíduos nele presentes, incluindo outras figuras que não são empresas: sociedade, consumidores, governo, funcionários, entre outros. As empresas não formam alianças somente para complementar suas competências na busca e exploração de novas oportunidades e não logram êxito contando somente com suas condutas na formação destas alianças.

O modelo desenvolvido possui apenas duas possibilidades com relação à cooperação: possuidor de histórico de cooperação ou possuidor de histórico de não cooperação. Faixas intermediárias, nas quais tal histórico não funciona de maneira determinística e é influenciado por outras variáveis como recursos em jogo na interação, disposição para assumir risco, entre outros, não foram modeladas e testadas. Tais faixas intermediárias podem alterar os resultados obtidos pela simulação realizada e podem gerar novos *insights* que permitem o avanço da teoria sobre conduta estratégica das empresas e sobre a cooperação.

Os agentes possuem acesso irrestrito ao histórico de cooperação de todos os demais a cada ciclo de simulação. Os problemas de acesso à informação de uma empresa sobre as demais, comum no ambiente empresarial, não foram modelados. As dificuldades de acesso ao histórico de estratégias adotadas também podem gerar novos e importantes resultados.

O modelo proposto de agentes com perfil maximizador para representar a teoria de *shareholders* pode ser entendido como uma radicalização da conduta de maximização dos lucros. Neste estudo, os agentes com perfil maximizador nunca cooperam. Essa conduta pode não ser verdadeira em situações reais, onde colaborar em alianças formadas pode promover maximização de lucros.

Os agentes modelados avaliam a melhor posição para se deslocarem, somente considerando a quantidade de recursos disponíveis e a distância relativa. A avaliação de possíveis agentes vizinhos imediatos das posições com maior quantidade de recursos disponíveis e seus históricos de cooperação não são considerados. A verificação da relação entre custo e benefício da mudança de posição ou o risco assumido ao se movimentar para uma posição com vizinhos imediatos não foram modelados por este estudo.

Não foi modelada qualquer outra forma de distribuição de recursos disponíveis, exceto o aleatório, no ambiente artificial construído. Alterações das quantidades e proporções de recursos em cada posição também não foram testadas. A escassez ou o excesso de recursos no mercado influenciam muito a competição e, conseqüentemente, a conduta das empresas e podem gerar resultados diferentes ou complementares no estudo de conduta e cooperação das empresas.

8.2 Pesquisas futuras

Um modelo de simulação com maior aderência às teorias que lidam com a racionalidade limitada pode promover limitação do acesso de um agente ao histórico de cooperação de seu vizinho imediato na formação de alianças entre empresas. A utilização da rede de relacionamentos do agente com parceiros de interações passadas que cooperam para ter conhecimento da conduta de oponentes pode revelar informações importantes sobre comunicação no mercado modelado.

Outro ponto com potenciais de contribuição para a ciência pode ser a inserção no modelo de SBA da capacidade de análise e da disposição de assumir risco no perfil de conduta dos agentes, representando o dia a dia dos gestores nas tomadas de decisão, para a execução do dilema do prisioneiro com base na reputação do agente oponente. Inserir regras que possam alterar a decisão de movimentação, caso o estoque de recursos esteja acabando, também pode gerar novos *insights*. A movimentação poderia não ser baseada na posição com

maior quantidade de recursos disponível e sim na posição que não possuam vizinhos imediatos, ou seja, posição que não envolve disputa (sem risco de perda). Complementando essa questão, um estudo de dispersão de recursos disponíveis, distribuindo-os por quadrantes, como no caso dos morros de açúcar do ambiente de açúcar, influencia no alcance de visão, na sobrevivência e no sucesso dos agentes.

Inserir regras que possam alterar o perfil de conduta de um agente, caso o estoque de recursos esteja acabando, também pode aumentar a aderência da simulação à realidade das empresas. O agente maximizador torna-se equalizador e vice-versa, caso o estoque de recursos do agente esteja ameaçando-o de morte por falta de recursos para a satisfação do metabolismo. Somado a isso, poderiam ser inseridas regras para viabilizar transações de empréstimo, em caso de baixa de estoque de um agente, que envolvessem juros, prazos de pagamento e avaliação de crédito, simulando situações muito aderentes com a realidade.

REFERÊNCIAS

AREND, R. J. Reputation for cooperation: contingent benefits in alliance activity. **Strategic Management Journal**, USA, v. 30, p. 371-385, jan. 2009.

AXELROD, R. **A evolução da cooperação**. São Paulo: Leopardo Editora, 2010.

BARNEY, J. Firm resources and sustained competitive advantage. **Journal of Management**, USA, v. 17, n. 1, p. 99-120, 1991.

BERGER, P.; LUCKMANN, T. **A construção social da realidade**. 31. ed. Petrópolis: Vozes, 2009.

BITEKTINE, A. Toward a theory of social judgments of organizations: the case of legitimacy, reputation, and status. **Academy of Management Review**, Montreal, v. 36, n. 1, p. 151-179, jan. 2011.

BOAVENTURA, J. M. G. et al. Teoria dos stakeholders e teoria da firma: um estudo sobre a hierarquização das funções-objetivo em empresas brasileiras. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, São Paulo, v. 11, n. 32, p. 289-307, jul./set. 2009.

BONABEAU, E. Agent-based modeling: methods and techniques for simulating human systems. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, USA, v. 99, n. 3, p. 7280-7287, may 2002.

BRONZO, M.; HONÓRIO, L. O institucionalismo e a abordagem das interações estratégicas da firma. **RAE-eletrônica**, São Paulo, v. 4, n. 1, art. 5, jan./jul. 2005.

BULLINGTON, J. C. Agents and social interaction: insights from social psychology. In: TRAJKOVSKI, G.; COLLINS, T. (Org.). **Handbook of research on agent-based societies: social and cultural interactions**. New York: Information Science Reference, 2009. cap. 3, p. 35-50.

CIOFFI-REVILLA, C. A. Methodology for complex social simulations. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, UK, v. 13, n. 1, jan. 2010. Disponível em: <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/13/1/7.html>>. Acesso em: 21 fev. 2011.

CONTE, R.; SICHMAN, J. S. DEPNET: how to benefit from social dependence, **Journal of Mathematical Sociology**, UK, v. 20 n. 2-3, p. 161-177, 1995.

CUNHA, C. R.; MELO, M. C. O. L. A confiança nos relacionamentos interorganizacionais: o campo da biotecnologia em análise. **RAE-eletrônica**, São Paulo, v. 5, n. 2, art. 18, jul./dez. 2006.

CUNHA, M. P. Organizações, recursos e a luta pela sobrevivência: análise aos níveis organizacionais e ecológicos. **RAE**, São Paulo, v. 33, n. 5, p. 34-47, set./out. 1993.

DIMAGGIO, P. J.; POWELL, W. W. The iron cage revisited: institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields. **American Sociological Review**, USA, v. 48, n. 2, p. 147-160, apr. 1983.

DIAS, L. J. C.; PINHEIRO, P. V. P.; FRANCO, R. Y. S. **Algoritmo genético com interação social n-pessoas**. 2010. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Centro Universitário do Estado do Pará, Belém, 2010. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/47013111/ALGORITMO-GENETICO-COM-INTERACAO-SOCIAL-N-PESSOAS-NpSIGA>>. Acesso em: 27 jun. 2011.

DOZ, Y. L.; HAMEL, G. **A vantagem das alianças: a arte de criar valor através de parcerias**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2000.

EPSTEIN, J. M. Agent-based computational models and generative social science. **Complexity**, USA, v. 4, n. 5, p. 41-60, may 1999.

EPSTEIN, J. M.; AXTELL, R. **Growing artificial societies: social science from bottom up**. Washington: The Brookings Institution, 1996.

ERIKSSON, A.; LINDGREN, K. Cooperation driven by mutations in multi-person prisoner's dilemma. **Journal of Theoretical Biology**, USA, v. 232, n. 3, p. 399-409, 2005.

FLIGSTEIN, N. Social skill and the theory of fields. **Sociological Theory**, USA, n. 19, p. 105-25, jul. 2001.

FREEMAN, R. E. The politics of stakeholder theory: some future directions. **Business Ethics Quarterly**, USA, v. 4, n. 4, p. 409-421, 1994.

GILBERT, N. **Agent-based model**. USA: Sage Publications, 2008.

GOTTS, N. M.; POLHILL, J. G.; LAW, A. N. R. Agent-based simulation in the study of social dilemmas. **Artificial Intelligence Review**, Netherlands, v. 19, n. 1, p. 3-92, mar. 2003.

GULATI, R.; NOHRIA, N. Z. Strategic networks. **Strategic Management Journal**, USA, v. 21, n. 3, p. 203-215, mar. 2000.

HART, S. L.; MILSTEIN, M. B. Creating sustainable value. **Academy of Management Executive**, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 56-69, may 2003.

JENSEN, M. C. Value maximization, stakeholder theory, and the corporate objective function, **European Financial Management**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 297-317, sep. 2001.

MACAL, C. M.; NORTH, M. J. Tutorial on agent-based modeling and simulation. In: PROCEEDINGS OF THE 2005 WINTER SIMULATION CONFERENCE. 2005, Flórida, **Winter Simulation Conference...** 2005. Disponível em: <<http://www.kent.ac.uk/secl/philosophy/jw/reasoning/2009/Macal%20North%2005%20-%20Tutorial%20on%20agent-based%20modelling%20and%20simulation.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2011.

MANHART, K.; DIEKMANN, A. Cooperation in 2- and n-person prisoner's dilemma games: a simulation study. **Analyse & Kritik**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 134-153, nov. 1989.

MOTTA, F. C. P.; VASCONCELOS, I. F. G. **Teoria geral da administração**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

OHDAIRA, T.; TERANO, T. Cooperation in the prisoner's dilemma game based on the second-best decision. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, UK, v. 12, n. 4, oct. 2009. Disponível em: <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/4/7.html>>. Acesso em: 27 jun. 2011.

PINTO, A.; OSÓRIO, F.; MUSSE, S. Estudo do comportamento de sociedades de agentes virtuais baseados na teoria dos jogos e em modelos de reputação. **Hífen**, Uruguaiana, v. 32, n. 62, p. 115-122, jul./dez. 2008.

PORTER, M. E. **The competitive advantage of nations**. New York: The Free Press, 1990.

PRADO, E. F. S. Dilema do prisioneiro e dinâmicas evolucionárias. **Est. Econ.**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 249-266, abr./jun. 1999.

QUEIROZ, M. A. L. **Business competition dynamics:** agent-based modeling simulations of firms in search of economic performance. 2010. 302 f. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2010.

ROSENSCHEIN, S. J.; KAELBLING, L. P. A situated view of representation and control. **Artificial Intelligence**, USA, v. 73, n. 1-2, p. 149-173, feb. 1995.

SAKURADA, N.; MIYAKE, D. I. Simulação baseada em agentes (SBA) para modelagem de sistema de operações. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 12., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SIMPOI, 2009.

SAMUELSON, D.A.; MACAL, C.M. Agent-based simulation comes of age: software opens up many new areas of application. **OR/MS Today Magazine**, aug. 2006. Disponível em: <<http://www.lionhrtpub.com/orms/orms-8-06/agent.html>>. Acesso em: 03 mar. 2011.

SHOHAM, Y. Agent-oriented programming. **Artificial Intelligence**, USA, v. 60, n. 1, p. 51-92, mar. 1993.

SICHMAN, J. S. DEPINT: dependence-based coalition formation in an open multi-agent scenario. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, UK, v. 1, n. 2, mar. 1998. Disponível em: <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/1/2/3.html>>. Acesso em: 17 jun. 2011.

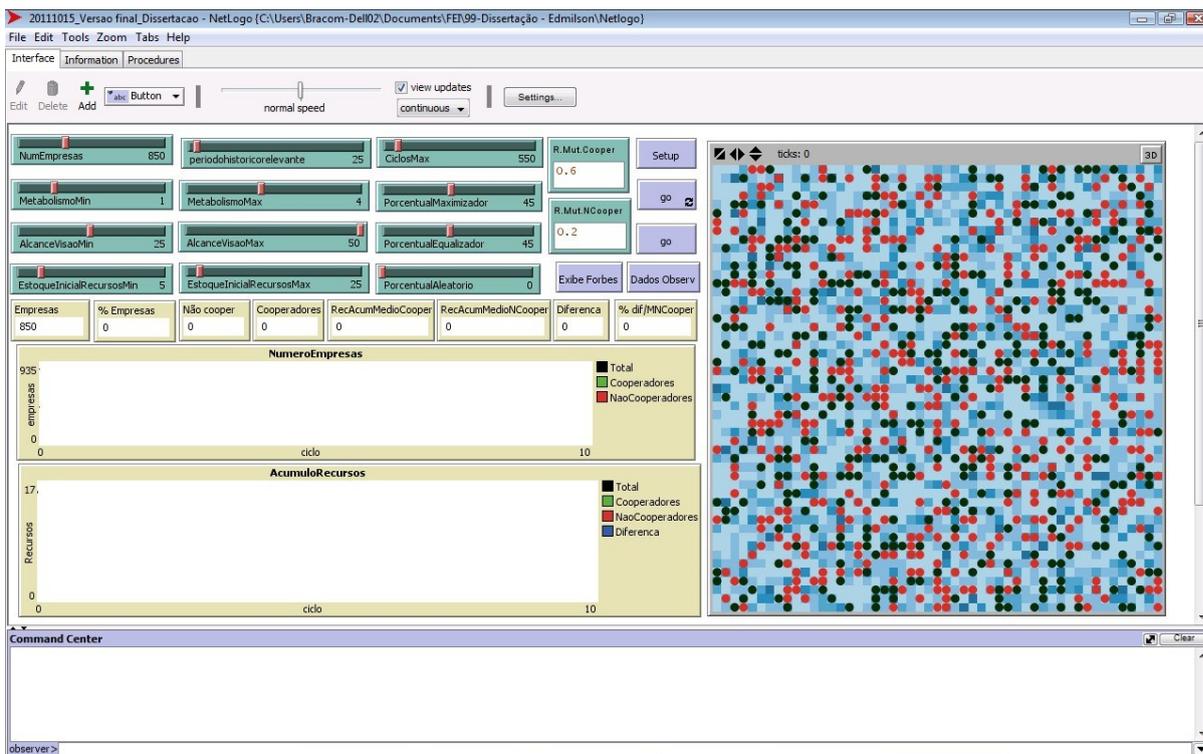
SIMON, H. A. Bounded rationality and organizational learning. **Organization Science**, USA, v. 2, n. 1, p. 125-134, feb. 1991.

SMITH, M. J.; GOODCHILD, M. F.; LONGLEY, P. A. **Geospatial analysis:** a comprehensive guide to principles, techniques and software tools. England: Troubador Publishing, 2007.

TEECE, D. J.; PISANO, G.; SHUEN, A. Dynamic Capabilities and Strategic Management. **Strategic Management Journal**, USA, v. 18, n. 7, p. 509-533, aug. 1997.

UHRMACHER, A. M. Object-Oriented, Agent-Oriented Simulation: Implications for Social Science Applications. In: DORAN, J. et al. (Org.). **Social science micro simulation: a challenge for computer science**. Berlin: Springer Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 1996.

ANEXO A – TELA DO *SOFTWARE* DE SIMULAÇÃO



ANEXO B – CÓDIGO FONTE DO *SOFTWARE* DE SIMULAÇÃO

```

breed [empresas

  empresa]

empresas-own [metabolismo
  alcancevisao
  idade
  vizinhanca
  recursoacumulado
  perfilconduta
  historicoposicoes
  n-empresasalianca
  historicocooperacao
  estrategiaadotada
  estrategiahistorica
  posicaoatual]

patches-own [recursodisponivel
  recursodisponivelmax]

globals [IntervaloMetabolismo
  IntervaloAlcanceVisao
  IntervaloEstoqueInicialRecursos
  ciclo
  forbes
  n-hist-cooperar
  n-hist-naocooperar
  equalizadorcooper
  equalizadornaocooper
  aleatorioscooper
  aleatoriosnaocooper
  maxnaocooper
  maxcooper
  periodohistorico
  metabolismomediocooper
  metabolismomedionaocooper
  alcancevisaomediocooper
  alcancevisaomedionaocooper
  metabolismodesviocooper
  metabolismodesvionaocooper
  alcancevisaodesviocooper
  alcancevisaodesvionaocooper
  desigualdade
  mediarecursoacumuladocooper
  mediarecursoacumuladonaocooper
  desigualdademedia
  porcentagemempresasobreviventes
  desigualdademedia0]

to setup
  clear-all
  create-empresas NumEmpresas
  setup-geral
  setup-mercados
  setup-empresas
  setup-montar_graficos
end

to setup-geral
  set IntervaloMetabolismo list (MetabolismoMin * 10) (MetabolismoMax * 10)
  set IntervaloAlcanceVisao list AlcanceVisaoMin AlcanceVisaoMax
  set IntervaloEstoqueInicialRecursos list EstoqueInicialRecursosMin
  EstoqueInicialRecursosMax
  set forbes []
  set ciclo 0
  set periodohistorico periodohistoricorelevante - 1
end

```

```

to setup-montar_graficos
  set-current-plot "NumeroEmpresas"
  set-current-plot-pen "Total"
  plot count empresas
  set-current-plot-pen "Cooperadores"
  plot count empresas with [estrategiahistorica = 1]
  set-current-plot-pen "NaoCooperadores"
  plot count empresas with [estrategiahistorica = 0]
  set-current-plot "AcumuloRecursos"
  set-current-plot-pen "Total"
  plot mean [recursoacumulado] of empresas
  set-current-plot-pen "Cooperadores"
  plot mean [recursoacumulado] of empresas with [estrategiahistorica = 1]
  set-current-plot-pen "NaoCooperadores"
  plot mean [recursoacumulado] of empresas with [estrategiahistorica = 0]
  set-current-plot "Diferenca%RecursoCooperporNCooper"
  plot desigualdademedia
end

to setup-empresas
  set-default-shape empresas "circle"
  pondera-perfilconduta
  ask empresas
  [
    set historicocooperacao []
    adota-estrategia-aleatoria
    calcula-estrategiahistorica
    setup-empresa
      escolhe-valor IntervaloMetabolismo
      escolhe-valor IntervaloAlcanceVisao
      escolhe-valor IntervaloEstoqueInicialRecursos
      []
  ]
End

to setup-empresa [mtb av eir xy]
  set metabolismo (mtb / 10)
  set alcancevisao av
  set vizinhanca monta-vizinhanca alcancevisao
  set idade 0
  set recursoacumulado eir
  ifelse (empty? xy) [setup-xy] [setxy item 0 xy item 1 xy]
  set historicoposicoes []
  monta-historicoposicoes
end

to-report monta-vizinhanca [n]
  let i 0
  let l 0
  set i 1
  set l []
  while [ i <= n ]
  [
    set l lput (list 0 i) l
    set l lput (list i 0) l
    set l lput (list 0 (0 - i)) l
    set l lput (list (0 - i) 0) l
    set i i + 1
  ]
  report l
end

to pondera-perfilconduta
  ask empresas [set perfilconduta 3]
  ask n-of (PorcentualMaximizador * NumEmpresas / 100) empresas
  [set perfilconduta 1]
  ask n-of (PorcentualEqualizador * NumEmpresas / 100) empresas
  with [perfilconduta = 3]

```

```

      [set perfilconduta 2]
End

to setup-xy
  let s 0
  let x 0
  let y 0
  set s world-width
  set x random s
  set y random s
  setxy (x + min-pxcor) (y + min-pycor)
  if (any? other empresas-here) [setup-xy]
end

to setup-mercados
  let mcd 0
  set mcd ( word
"111311111212411211511211232312121114121211123242414"
"125321251232151111112211231243231112141313132111113"
"111132131131113111121112213333111112511211421111141"
"111234311113121124212124231211344123211121121221231"
"211143132131221121121331212112413121131111112332322"
"115213112131121521112141321232121312111121252121132"
"11121511111221312314124132141111132415122311132333"
"112223113112114313313141111124345213511221114511151"
"11142111222111111122231113132551122422221311313314"
"223211312232311112313321111413412113322111542114221"
"121151252111343311114111243212211331113114112113211"
"131221521212111221133121112111221113132111411115311"
"2131121113112121422441211131121111112211411112311"
"21131112211212111121143212131143122442111221122211"
"2112213121224513221412111513311341111111231111143"
"112415155411312213311212112131121214121211212212112"
"122331225111232112243112233131131311121233121131112"
"112111212121121132111112111111123511111241111312331"
"1111111111311411242211211114132232211211112212212"
"121213121211521114112323121123132133431122213114311"
"111123111412113211121311141111111111111213211341112"
"112421121111421113121121115111313142513122311111"
"11233111114123231231124211212211121111114322121211"
"3313132131111211113111115112411112333351111411413"
"111411251311121121241143111221331411141113221212213"
"5411112123351222311221312532111111141311331221111"
"311132141111131121311111211322112111451211113142412"
"11312113321211112211113314321124311123552121111112"
"211111111411211211213112113114112111123431211121322"
"111121222312131413223211323213222213211113212212322"
"124211222213134111114314121231112113112241141524121"
"11225121213112112212251213421132112222111111111211"
"252424232133311211225211324111251111211112221221113"
"324111221321111125421231311112211132221111112221212"
"113222133121113213111122111112112121124121111212411"
"111112114213322112211212111215221215311313155221234"
"111221142112321113213111341222111121122111112131441"
"11113112124421121212111111113142131213123133111223"
"35122331211213212133411131131111121111221223121311"
"11112122223114311111112114114222121111241411131111"
"123141111333125123112134521411124113311512121411323"
"31122121421122431322232222131225121311122113214252"
"112112521212312113131132311111211223421222112141121"
"112141211121521411125111121242112131251212212111132"
"212131111213221212122131115112211115211211121111212"
"3223221121113212312222111421132122121121111341142"
"13241111124111131422421121211111431212512232232112"
"411221224111311212121232313122123121211133211312121"
"31221351114311111134121211211124112114134141151321"
"12121441212232111132412121115112332221211221442142"
"121131223112334212221321313251411131132212122214121"

```

```

)
ask patches [set-recursodisponivelmax read-from-string item
            ((25 - pycor) * 51 + (pxcor + 25)) mcd]
End

to set-recursodisponivelmax [mcd]
  set recursodisponivelmax mcd
  set-recursodisponivel mcd
end

to set-recursodisponivel [mcd]
  set recursodisponivel max list 0 (min list mcd recursodisponivelmax)
  set-cormercado
end

to set-cormercado
  set pcolor 94 + 5 - recursodisponivel
end

to go
  tick
  set ciclo ciclo + 1
  ask empresas
  [
    regra-movimentacao
    calcula-empresasnaalianca
    adota-estrategia
    divide-recursos
    calcula-estrategiahistorica
  ]
  ask patches [if ticks mod 2 = 0 [set-recursodisponivel recursodisponivelmax]]
  Monta-variaveisextracao
  montar_graficos
  if count empresas = 0 [stop]
  if ciclo >= ciclosMax [stop]
end

to regra-movimentacao
  set posicaoatual 0
  let v 0
  let d 0
  let ps (patches at-points vizinhanca) with [count empresas-here = 0]
  ifelse (count ps > 0)
  [
    set v [recursodisponivel] of max-one-of ps [recursodisponivel]
    set ps ps with [recursodisponivel = v]
    set d distance min-one-of ps [distance myself]
    set posicaoatual one-of ps with [distance myself = d]
    setxy [pxcor] of posicaoatual [pycor] of posicaoatual
  ]
  [set posicaoatual patch-here]
end

to calcula-empresasnaalianca
  set n-empresasalianca (1 + (sum [count empresas-here] of neighbors4))
end

to-report escolhe-valor [p]
  report first p + random (last p - first p + 1)
end

to monta-historicoposicoes
  set historicoposicoes lput (list xcor ycor) historicoposicoes
end

to adota-estrategia
  ifelse ciclo < periodohistorico
  [adota-estrategia-aleatoria]

```

```

[
  ifelse perfilconduta = 1
  [
    set estrategiaadotada 0
    guarda-historicocooperacao
  ]
  [
    ifelse (perfilconduta = 3)
    [adota-estrategia-aleatoria]
    [adota-estrategia-equalizador]
  ]
]
end

to adota-estrategia-aleatoria
  set estrategiaadotada random 2
  guarda-historicocooperacao
end

to adota-estrategia-equalizador
  let oc sum [count empresas-here with [estrategiahistorica = 1]] of neighbors4
  ifelse ((n-empresasalianca - 1) / 2) <= oc
  [set estrategiaadotada 1]
  [set estrategiaadotada 0]
  guarda-historicocooperacao
end

to guarda-historicocooperacao
  set historicocooperacao lput estrategiaadotada historicocooperacao
end

to calcula-estrategiahistorica
  ifelse ciclo < periodohistorico
  [
    set estrategiahistorica estrategiaadotada
  ]
  [
    let i (ciclo - periodohistorico)
    let eh 0
    while [i <= ciclo]
    [
      let ehi item i historicocooperacao
      set eh (eh + ehi)
      set i (i + 1)
    ]
    set eh (eh / (periodohistorico + 1))
    ifelse eh < 0.5
    [set estrategiahistorica 0]
    [
      ifelse eh > 0.5
      [set estrategiahistorica 1]
      [set estrategiahistorica random 2]
    ]
  ]
  ifelse estrategiahistorica = 1
  [set color 61]
  [set color red]
end

to divide-recursos
  let nc sum [count empresas-here with [estrategiahistorica = 1]] of neighbors4
  set nc (nc + estrategiaadotada)
  let ad [recursodisponivel] of posicaoatual
  let n n-empresasalianca
  calcula-ganhorecursos nc ad n
  set recursoacumulado recursoacumulado - metabolismo
  if n-empresasalianca > 1 [ask empresas-on neighbors4
  [calcula-ganhorecursos nc ad n]]

```

```

set-recursodisponivel 0
set idade idade + 1
monta-historicoposicoes
if recursoacumulado <= 0 [die]
end

to calcula-ganhorecursos [nc ad n]
  ifelse n = 1
    [set recursoacumulado recursoacumulado + ad]
  [
    ifelse estrategiaadotada = 1
      [set recursoacumulado (recursoacumulado + (((ad * R.Mut.Cooper) *
        (nc - 1)) / (n - 1)))]
      [set recursoacumulado (recursoacumulado + (((ad * nc) +
        (ad * R.Mut.NCooper) * (n - nc - 1)) / (n - 1)))]
    ]
  ]
End

to Monta-variaveisextracao
set n-hist-cooperar precision (count empresas with [estrategiahistorica = 1]) 2
set n-hist-naocooperar precision (count empresas with
  [estrategiahistorica = 0]) 2
set maxcooper precision (count empresas with [(perfilconduta = 1) and
  (estrategiahistorica = 1)]) 2
set maxnaocooper precision (count empresas with [(perfilconduta = 1) and
  (estrategiahistorica = 0)]) 2
set equalizadorcooper precision (count empresas with [(perfilconduta = 2) and
  (estrategiahistorica = 1)]) 2
set equalizadornaocooper precision (count empresas with [(perfilconduta = 2) and
  (estrategiahistorica = 0)]) 2
set aleatorioscooper precision (count empresas with [(perfilconduta = 3) and
  (estrategiahistorica = 1)]) 2
set aleatoriosnaocooper precision (count empresas with [(perfilconduta = 3) and
  (estrategiahistorica = 0)]) 2
set metabolismomediocooper precision (mean [metabolismo] of empresas with
  [estrategiahistorica = 1]) 2
set metabolismodesviocooper precision (standard-deviation [metabolismo] of
  empresas with [estrategiahistorica = 1]) 2
set metabolismomedionaocooper precision (mean [metabolismo] of empresas with
  [estrategiahistorica = 0]) 2
set metabolismodesvionaocooper precision (standard-deviation [metabolismo] of
  empresas with [estrategiahistorica = 0]) 2
set alcancevisaomediocooper precision (mean [alcancevisao] of empresas with
  [estrategiahistorica = 1]) 2
set alcancevisaodesviocooper precision (standard-deviation [alcancevisao] of
  empresas with [estrategiahistorica = 1]) 2
set alcancevisaomedionaocooper precision (mean [alcancevisao] of empresas with
  [estrategiahistorica = 0]) 2
set alcancevisaodesvionaocooper precision (standard-deviation [alcancevisao] of
  empresas with [estrategiahistorica = 0]) 2
set mediarecursoacumuladocooper precision (mean [recursoacumulado] of empresas
  with [estrategiahistorica = 1]) 2
set mediarecursoacumuladonaocooper precision (mean [recursoacumulado] of empresas
  with [estrategiahistorica = 0]) 2
set desigualdade precision (((mean [recursoacumulado] of empresas with
  [estrategiahistorica = 1]) - (mean [recursoacumulado] of empresas with
  [estrategiahistorica = 0]))) 2
set desigualdadedia precision (((desigualdade / mediarecursoacumuladonaocooper)
  * 100)) 2
set porcentagemempresasobreviventes precision ((count empresas / NumEmpresas) *
  100) 2
end

to PrintForbes
let fs []
ask empresas
[
  set fs (list (precision (recursoacumulado) 2) who estrategiahistorica

```

```

        perfilconduta metabolismo alcancevisao)
    set forbes lput fs forbes
  ]
  output-print "Forbes [recursoacumulado rg historicocooperacao perfilconduta
    metabolismo alcancevisao]"
  output-print forbes
end

to PrintObserver
  let obs (list NumEmpresas (count empresas) periodohistoricorelevante
    MetabolismoMax AlcanceVisaoMax
    EstoqueInicialRecursosMax n-histcooperar
    n-hist-naocooperar
    (precision (mean [recursoacumulado] of empresas) 2)
    mediarecursoacumuladocooper mediarecursoacumuladonaocooper)
  output-print "NEMPRESAS EMSOBREV PERHIST METABMAX ALVISMAY ESTINIMAX NEMPRCOOP
    NEMPRNCOOP RECACUMM REACUMCOOP REACUMNCOOP"
  output-print obs
end

to montar_graficos
  set-current-plot "NumeroEmpresas"
  set-current-plot-pen "Total"
  plot count empresas
  set-current-plot-pen "Maximizadores"
  plot count empresas with [perfilconduta = 1]
  set-current-plot-pen "Equalizadores"
  plot count empresas with [perfilconduta = 2]
  set-current-plot-pen "Aleatorios"
  plot count empresas with [perfilconduta = 3]
  set-current-plot-pen "Cooperadores"
  plot count empresas with [estrategiahistorica = 1]
  set-current-plot-pen "NaoCooperadores"
  plot count empresas with [estrategiahistorica = 0]
  set-current-plot "AcumuloRecursos"
  set-current-plot-pen "Total"
  plot mean [recursoacumulado] of empresas
  set-current-plot-pen "Cooperadores"
  plot mean [recursoacumulado] of empresas with [estrategiahistorica = 1]
  set-current-plot-pen "NaoCooperadores"
  plot mean [recursoacumulado] of empresas with [estrategiahistorica = 0]
  set-current-plot-pen "Diferenca"
  plot desigualdade
  set-current-plot "Diferenca%RecursoCooperporNCooper"
  plot desigualdademedias
end

```