

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PELOTAS
CENTRO POLITÉCNICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

**Um Modelo de Agente Econômico
Cognitivo em um Sistema
Microeconômico com Base no
Conceito de Agentes BDI**

por
Fernanda Mendez Jeannes

Dissertação apresentada como
requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Ciência da Computação

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos da Rocha Costa

DM-2010/1-003

Pelotas, janeiro de 2010

*Dedico... ao Diego e à mim.
Por um futuro ainda melhor para nós.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela oportunidade de crescimento e aprendizado.

Agradeço ao Diego meu noivo e companheiro de todas as horas, principalmente das piores em que eu mais preciso de um ombro amigo, por compartilhar comigo os momentos mais importantes de minha vida.

Aos meus pais por me apoiar, me incentivar, investir e acreditar em mim e me ensinar que a educação é um bem precioso.

Ao meu orientador Antônio Carlos da Rocha Costa pela dedicação e por transmitir seu vasto conhecimento.

A todos os colegas pelos momentos alegres vividos no mestrado, em especial à diretoria da 426. Não digo que não teria conseguido sem vocês, mas com certeza não teria me divertido tanto.

Nobody said it was easy
No one ever said it would be this hard
— THE SCIENTIST BY COLDPLAY

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	10
RESUMO	11
ABSTRACT	12
1 INTRODUÇÃO	13
2 TRABALHOS RELACIONADOS	15
2.1 Economia Cognitiva	15
2.2 Economia Evolucionária	16
2.2.1 Agent Based Computational Economics	17
2.3 Agentes econômicos modelados com arquitetura BDI	18
2.3.1 Observações Finais	19
3 TROCAS SOCIAIS E ECONÔMICAS	20
3.1 Valores de Troca	20
3.2 Estrutura das Trocas Sociais	21
3.3 Estrutura das Trocas Econômicas	22
3.4 Observações Finais	23
4 MICROECONOMIA	24
4.1 Mercado	24
4.2 Modelo do Consumidor	25
4.3 Modelo do Produtor	28
4.4 Equilíbrio de Mercado	29
4.5 Excedente do Consumidor e Lucro do Produtor	30
4.6 Excedente e Escassez de Produção	30
4.7 Externalidades	32
4.8 Observações Finais	32

5	MODELO BDI	33
5.1	Arquitetura de Agentes BDI	34
5.2	Modelo Computacional de um Agente BDI	36
5.3	Linguagem AgentSpeak(L) na Plataforma Jason	37
5.4	Observações Finais	39
6	COMPORTAMENTO DO CONSUMIDOR	40
6.1	Um Modelo Síntese do Comportamento do Consumidor	41
6.2	Processo de Tomada de Decisão do Consumidor	42
6.3	Formação do Comportamento	43
6.4	Observações Finais	44
7	TEORIA DA FIRMA	45
7.1	Alocação de Recursos	46
7.2	Tomada de Decisão	46
7.2.1	Antecipações e Planos na Tomada de Decisão	47
7.3	Objetivos	47
7.4	Modelo de um processo de tomada de decisão	48
7.5	Observações Finais	49
8	UM MODELO DE AGENTE ECONÔMICO COGNITIVO E SUAS INTERAÇÕES ECONÔMICAS	50
8.1	Modelo Geral de um Agente Econômico Cognitivo	50
8.2	Aspectos da Modelagem de um Agente Econômico Cognitivo	52
8.3	Estrutura das Trocas	53
8.3.1	Papéis Econômicos e os Arranjos de Negociação	54
8.3.2	Estados Mentais dos Papéis Econômicos	55
8.4	Observações Finais	57
9	SIMULAÇÕES REALIZADAS	60
9.1	Etapas da Simulação	60
9.1.1	Etapas de Coordenação	60
9.1.2	Período de Produção	63
9.1.3	Período de Consumo	65
9.2	Parâmetros da Simulação	67
9.3	Resultados da Simulação	70
9.4	Observações Finais	73
10	CONCLUSÃO	75
	REFERÊNCIAS	77
	ANEXO A	80
	ANEXO B	85
	ANEXO C	91
	ANEXO D	94

ANEXO E	97
ANEXO F	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Estágios das trocas sociais (DIMURO; COSTA; PALAZZO, 2005) . .	22
Figura 3.2	Estágio das trocas econômicas	23
Figura 4.1	Modelo simplificado de mercado	25
Figura 4.2	Curva de demanda	26
Figura 4.3	Curva da variação da demanda (CARVALHO, 2000)	27
Figura 4.4	Demanda de mercado	28
Figura 4.5	Curva de oferta	29
Figura 4.6	Curva da variação da oferta (CARVALHO, 2000)	29
Figura 4.7	Equilíbrio de mercado (CARVALHO, 2000)	30
Figura 4.8	Excedente do consumidor e lucro do produtor	31
Figura 4.9	Excedente e escassez de produção	31
Figura 5.1	Arquitetura BDI genérica (HÜBNER; BORDINI; VIEIRA, 2004) . .	35
Figura 6.1	Diagrama do Processo de Troca (MOWEN; MINOR, 2003)	41
Figura 6.2	Processo de Decisão de Compra (SAMARA; MORSCH, 2005) . . .	43
Figura 6.3	Envolvimento do Consumidor na Compra (SAMARA; MORSCH, 2005)	44
Figura 8.1	Modelo de um agente econômico cognitivo	51
Figura 8.2	Aspectos da modelagem de um agente econômico cognitivo	52
Figura 8.3	Esquema de relações entre dois agentes em um mercado	53
Figura 8.4	Esquema geral de relações entre quatro agentes em um mercado . . .	54
Figura 8.5	Período de produção	54
Figura 8.6	Período de consumo	54
Figura 8.7	Possíveis arranjos de produção	55
Figura 8.8	Possíveis arranjos de consumo	56
Figura 8.9	Modelagem da simulação	56
Figura 9.1	Etapas de coordenação	61
Figura 9.2	Esquema do período de produção	64
Figura 9.3	Esquema do período de consumo	66
Figura 9.4	Comparativo dos arranjos de produção e consumo	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 8.1	Comparativo das características do agente conforme o comportamento	52
Tabela 8.2	Comparativo dos aspectos da modelagem da simulação	57
Tabela 8.3	Estados mentais dos papéis econômicos	58
Tabela 8.4	Estados mentais do agente controlador	59
Tabela 9.1	Especificações econômicas	68
Tabela 9.2	Resultado da simulação do período 1: produção	72
Tabela 9.3	Resultado da simulação do período 2: consumo	73
Tabela 9.4	Síntese dos resultados das interações entre os agentes	74
Tabela 10.1	Resultado da simulação do período 3: produção	100
Tabela 10.2	Resultado da simulação do período 4: produção	101
Tabela 10.3	Resultado da simulação do período 5: consumo	102
Tabela 10.4	Resultado da simulação do período 6: consumo	102
Tabela 10.5	Resultado da simulação do período 7: produção	103
Tabela 10.6	Resultado da simulação do período 8: consumo	104
Tabela 10.7	Resultado da simulação do período 9: produção	104
Tabela 10.8	Resultado da simulação do período 10: consumo	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BDI	Beliefs Desires Intentions
FRC	Função de Revisão de Crenças
IA	Inteligência Artificial
ACE	Agent-based Computational Economics

RESUMO

Simulações sociais em sistemas de agentes têm sido um tema presente na comunidade de Inteligência Artificial. O presente trabalho aborda estudos de conceitos relativos a um sistema microeconômico para modelagem de agentes econômicos cognitivos, com comportamento de consumidor e de produtor, com base no conceito do modelo de agentes BDI. A fim de destacar a importância desta modelagem, trabalhos relacionados à área de pesquisa são examinados, enfatizando a originalidade deste modelo de agente econômico cognitivo. Também são apresentados conceitos básicos inerentes a esta modelagem, tais como: trocas sociais e econômicas, e as interações entre os agentes. O conteúdo de microeconomia apresentado aborda os conceitos básicos de mercado e dos modelos de consumidor e de produtor utilizados na modelagem. Do mesmo modo, é apresentado um estudo do modelo de agentes BDI para a modelagem de agentes reativos e cognitivos. Estudos sobre um modelo básico de comportamento do consumidor, o processo de tomada de decisão e formação de comportamento e sobre Teoria da Firma são apresentados para embasar o comportamento dos agentes. Por fim, o modelo de um agente econômico cognitivo, com comportamento de consumidor e de produtor, é apresentado, bem como os resultados da simulação de um mercado com quatro agentes econômicos cognitivos.

Palavras-chave: BDI, Microeconomia, Agente econômico, Comportamento do Consumidor, Teoria da Firma.

TITLE: “AN ECONOMIC MODEL OF COGNITIVE AGENT IN A MICROECONOMIC SYSTEM BASED ON THE CONCEPT OF BDI AGENTS”

ABSTRACT

Social simulations in agent systems have been a constant theme in Artificial Intelligence. This work applies concepts related to microeconomics and microeconomic systems to help the modeling of cognitive economic agents, with consumer and producer behaviors, based on the BDI model of agents. In order to highlight the importance of this modeling, related works are examined, to emphasize the originality of this model of cognitive economic agents. Also, basic concepts inherent to that modeling are presented: economic agent behaviors, social and economic exchanges, and market models. Similarly, a summary of the BDI model is presented, for the modeling of cognitive and reactive behaviors. The basic models of consumer and producer behaviors, the decision making concerning their behaviors, and the Theory of the Firm are used, to base the behaviors of the agents. Finally, a model of cognitive economic agent, with consumer and producer behaviors, is presented as well as, a simulation results of a market with four cognitive economic agents.

Keywords: BDI, Microeconomics, Economic agent, Consumer behavior, Theory of the Firm.

1 INTRODUÇÃO

Sistemas de agentes capazes de perceber e reagir ao ambiente em que estão inseridos assim como possuir conhecimentos e aprender com suas interações têm sido amplamente estudados em Inteligência Artificial (IA) com o objetivo de simular a atividade intelectual humana.

“Um agente é simplesmente algo que age (a palavra agente vem do latino *agere*, que significa fazer). No entanto, espera-se que um agente computacional tenha outros atributos que possam distingui-lo de meros "programas", tais como operar sob controle autônomo, perceber seu ambiente, persistir por um período de tempo prolongado, adaptar-se a mudanças e ser capaz de assumir metas de outros. Um agente racional é aquele que age para alcançar o melhor resultado ou, quando há incerteza, o melhor resultado esperado” (RUSSELL; NORVIG, 2004).

O presente trabalho está inserido na área de simulações sociais, envolvendo sociedades de agentes econômicos cognitivos.

Uma sociedade é composta por sistemas sociais que podem ter caráter sociológico, político, econômico, cultural, entre outros.

Estudos atuais realizados em simulações sociais (DIMURO; COSTA; PALAZZO, 2005) têm como base a Teoria Sociológica de Piaget (PIAGET, 1995), que usa valores de troca para regular as interações sociais. As trocas sociais se referem à troca de serviços entre os indivíduos da sociedade.

As trocas sociais possuem avaliação qualitativa quanto ao serviço prestado, ou seja, este serviço pode ser considerado ótimo, bom, ruim ou regular, por exemplo, apresentando assim um caráter subjetivo para a regulação do processo de decisão individual.

Entretanto, quando se pode mensurar os objetos de troca, esta avaliação pode se tornar quantitativa apresentando assim um caráter econômico.

Simulações de sociedades de agentes estão sendo estudadas pelo Grupo de Pesquisa em Inteligência Artificial do PPGINF/UCPEL, um dos motivadores para a realização deste trabalho.

Em simulações com caráter social, um agente realiza um serviço para um segundo agente, neste caso, o serviço é o objeto de troca. O agente que recebe o serviço passa então a ter um débito para com o agente que realiza o serviço, podendo ser cobrado em um outro momento. Nota-se que, neste caso, o objeto de troca (o serviço) só pode ser utilizado entre dois agentes, ou seja, o agente que realiza o serviço só pode cobrar o seu crédito especificamente do agente que recebe este serviço.

No caso das simulações com caráter econômico, têm-se dois principais objetos de troca, o produto e a moeda. Quando um agente, enquanto comportamento de produtor,

vende um produto para um segundo agente, enquanto comportamento de consumidor, ele adquire moeda pela troca. Esta moeda pode então, servir de objeto de troca com um terceiro agente, por exemplo, quando o agente que antes adquiriu moeda enquanto produtor, realize uma compra enquanto consumidor, utilizando a moeda para negociar com o terceiro agente, enquanto produtor. A utilização de moeda como objeto de troca permite que, em simulações de caráter econômico, ocorra uma maior possibilidade de troca utilizando-se o mesmo objeto, aumentando assim, a rede de troca entre os agentes.

O objetivo deste trabalho é definir um modelo de um agente econômico cognitivo com comportamento de consumidor e de produtor, tendo por base os conceitos de agentes BDI (WOOLDRIDGE, 2000) e, para validar o modelo, analisar o comportamento destes agentes em um mercado econômico.

Trabalhos relacionados à área de pesquisa, envolvendo simulações e trocas econômicas são examinados no Capítulo 2, a fim de destacar a importância da modelagem de um agente econômico apresentada neste trabalho.

O Capítulo 3 apresenta os principais pontos relacionados à Teoria Sociológica de Piaget e seus valores de troca. Também é apresentada uma proposta de um modelo de estrutura de trocas econômicas.

Os principais tipos de comportamento envolvidos em trocas econômicas, os comportamentos de consumidor e produtor, assim como conceitos pertinentes ao entendimento de um mercado são descritos no Capítulo 4. Destaca-se aqui, que para simplificar e calcular a oferta e a demanda de mercado por parte dos comportamentos de produtor e consumidor, serão utilizadas as curvas lineares de oferta e demanda. Visto que o objetivo deste trabalho é analisar o comportamento econômico dos agentes tendo em vista o caráter social das interações e das trocas, e não o caráter puramente econômico.

O Capítulo 5 apresenta o modelo de agentes BDI, ideal para a representação de agentes em um mercado, pois este modelo tem origem na tradição filosófica da compreensão do raciocínio prático humano sendo ideal para a modelagem dos comportamentos de consumidor e produtor que devem ser capazes de deliberar sobre seus objetivos de produção e consumo.

Um modelo de comportamento do consumidor, o processo de tomada de decisão e como se forma este comportamento são definidos no Capítulo 6.

A Teoria da Firma é apresentada no Capítulo 7, com a finalidade de embasar o comportamento do produtor no mercado.

O modelo de um agente econômico cognitivo com comportamento de produtor e consumidor com base no conceito de agentes BDI, assim como as estruturas e os modos de interação econômica dos agentes são apresentados no Capítulo 8.

Os conceitos envolvidos na simulação de um mercado com quatro agentes econômicos cognitivos, os parâmetros e os resultados da simulação podem ser analisados no Capítulo 9.

Para concluir, o Capítulo 10 apresenta as considerações finais sobre os resultados alcançados e as perspectivas de trabalhos futuros.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo serão apresentados alguns estudos relacionados às simulações sociais, principalmente os que dizem respeito às simulações econômicas. A abordagem da economia cognitiva e da economia evolucionária para as simulações econômicas são apresentadas através de uma breve relação de suas principais características. A utilização de agentes BDI em simulações econômicas também é abordada, embora poucos trabalhos neste sentido sejam encontrados na literatura.

2.1 Economia Cognitiva

Ciência cognitiva é um campo interdisciplinar em que informática, lingüística e filosofia têm desempenhado papéis indispensáveis (MCCAIN, 1992). Neste trabalho, o autor afirma que as ciências sociais mais preocupadas com a interação social - sociologia, economia e ciência política - têm sido menos evidentes neste empreendimento interdisciplinar. É notável que, desde esta publicação, as ciências sociais têm se destacado muito no campo das simulações sociais, incluindo a ciência cognitiva.

Na modelagem dos processos de aprendizagem na ciência cognitiva, é geralmente feita uma distinção entre três modos de aprendizagem. A primeira diz respeito à classificação de padrões, o que é essencial para todas as atividades cognitivas, especialmente em ambientes complexos. A segunda é a aprendizagem por reforço, que permite uma avaliação progressiva da situação / ação dos padrões. A terceira é a antecipação da aprendizagem, que é uma condição prévia da atividade educativa (BOURGINE; NADAL, 2004).

A abordagem cognitiva à Economia propõe uma abordagem interdisciplinar para o estudo de resolução de problemas, escolha, tomada de decisão e mudanças, para explicar a natureza e a evolução das organizações e instituições econômicas, num contexto caracterizado pelas incertezas estruturais. Assim como a psicologia, a neurobiologia e da filosofia, a economia cognitiva tem suas micro-fundações no entendimento das atividades mentais humanas e desenvolve seus modelos em relação a estas disciplinas e seus avanços (EGIDI; RIZZELLO, 2003).

De acordo com (TOPOL; WALLISER, 2007), existem alguns requisitos básicos da economia cognitiva.

Primeiro, uma teoria de tomada de decisão deve ser suficientemente detalhada em termos de mecanismos e representações e implementada em um modelo computacional. Isto irá permitir predições a serem feitas e testadas comparando dados humanos contra simulação de dados.

Segundo, o modelo de tomada de decisão deve ser estreitamente integrado com

modelos de outros processos cognitivos, pois a tomada de decisão não é um processo isolado - ele é influenciado por percepções, julgamentos, categorização, memória, raciocínio, emoções, etc.

Em terceiro lugar, o modelo deve explicar o contexto da sensibilidade humana na tomada de decisão e até mesmo prever novos tipos de efeitos de contexto (TOPOL; WALLISER, 2007) apud (KOKINOV, 1995) (KOKINOV, 1997) (KOKINOV, 1999).

Em quarto lugar, os resultados do modelo devem ser facilmente utilizáveis na construção de uma nova teoria econômica de tomada de decisão, que não será baseado no pressuposto de escolha racional, mas preferencialmente na “escolha racional” ou “maximização da utilidade esperada” sendo um possível resultado do processo entre muitos possíveis comportamentos. Além disso, a teoria deve prever em que circunstâncias um comportamento de “escolha racional” será produzido.

Os agentes econômicos são mais hábeis em suas habilidades (know-how) do que em seus conhecimentos. Na maioria das vezes eles têm grande dificuldade em expressar as suas habilidades, sob a forma de conhecimento. Os agentes são heterogêneos porque a sua aprendizagem é dependente de seu histórico e adaptações são específicas para cada situação encontrada. O primeiro pilar da visão clássica da economia era a noção do agente estaticamente maximizar sua utilidade. A Economia Cognitiva adota o conceito de um agente que adapta dinamicamente a sua satisfação e o seu conhecimento através da aprendizagem, na maioria dos casos sem sequer conhecê-los explicitamente. Todos os agentes são heterogêneos, embora tenham pouco conhecimento de suas próprias especificidades e as especificidades dos outros (BOURGINE; NADAL, 2004).

A abordagem da Economia Cognitiva difere da abordagem de agentes econômicos baseados no modelo BDI, pois os agentes cognitivos adquirem seu conhecimento através de sua aprendizagem e do histórico de suas relações com outros agentes e o ambiente enquanto os agentes econômicos BDI respondem às suas crenças, desejos e intenções.

2.2 Economia Evolucionária

A Teoria Econômica Evolucionária proposta por (NELSON; WINTER, 1992) têm suas fundações na teoria evolucionária básica da biologia. Tendo como idéia central uma seleção natural econômica.

Os modelos apresentados focam em diferentes aspectos das trocas econômicas, ou seja, em como as indústrias respondem à novas condições do mercado, ao crescimento econômico e à concorrência através da inovação.

As firmas na teoria evolucionária de (NELSON; WINTER, 1992) são motivadas pelo lucro, buscando sempre mais lucro, mas as suas ações em busca da maximização de lucro não são tomadas sobre um conjunto de escolhas. As empresas com maior rendimento tendem a tirar as empresas com menor rendimento do mercado, no entanto, a análise da teoria não está em estados hipotéticos de “indústria de equilíbrio”, na qual todas as firmas não lucrativas já não estão no mercado. As empresas são modeladas com certas capacidades e regras de decisão que, ao longo do tempo, são modificadas tanto pelos resultados de deliberação e de resolução de problemas como por de eventos aleatórios. Com o tempo, a seleção natural econômica determina quais empresas são rentáveis e quais são pouco rentáveis, descartando naturalmente as pouco rentáveis do mercado.

A definição de sucesso de uma empresa está relacionada com a sua capacidade de sobreviver e crescer em um mercado. Este tipo de evolução por seleção natural está

relacionada à “genética organizacional”, o processo pelo qual características das organizações, incluindo os traços subjacentes à capacidade de produzir resultados e lucros, são transmitidas através do tempo.

(POSSAS, 2007) destaca que há uma correspondência entre elementos evolucionários e suas contrapartidas econômicas na perspectiva evolucionária adotada por (NELSON; WINTER, 1992), onde os organismos individuais (fenótipos) correspondem às firmas; populações aos mercados (indústrias); genes (genótipos) às rotinas (regras de decisão) ou formas organizacionais; mutações às inovações (em sentido amplo, Schumpeteriano); e lucratividade à aptidão (*fitness*).

Assim, firmas com rotinas mais adequadas à obtenção de maior lucratividade levam a seu maior crescimento no mercado, portanto maior *market share*. Inovações que tenham potencial para gerar rotinas indutoras de maior lucratividade serão selecionadas implicitamente pelo maior sucesso competitivo das firmas portadoras das mesmas. Dessa forma, rotinas mais rentáveis tenderão a ser selecionadas em detrimento das demais, aumentando sua participação no *pool* de rotinas da indústria, assim como genes selecionados aumentam sua participação no *pool* genético de uma população (POSSAS, 2007).

Quanto aos agentes econômicos da teoria evolucionária também podemos notar diferenças quando ao tratamento do mercado em relação aos agentes econômicos BDI. Na economia evolucionária, aqueles agentes que não acompanham o crescimento do mercado, apresentando um desempenho menor, acabam sendo excluídos deste mercado, provocando assim uma “ciranda” econômica.

2.2.1 Agent Based Computational Economics

Agent-based computational economics (ACE) é o estudo computacional de processos econômicos modelados como sistemas evolutivos de agentes que interagem em um mercado. Nas simulações econômicas, a evolução de um mercado descentralizado controlado sob condições experimentais é analisada.

Um modelo econômico ACE é formado a partir de uma população inicial de agentes, que podem ser agentes econômicos (produtores, consumidores, instituições financeiras), agentes que representam instituições sociais (governo) ou ainda agentes que representam fenômenos do ambiente (regiões geográficas, clima) (TESFATSION, 2002).

A modelagem do agente é caracterizada pela especificação de seus atributos, incluindo características, comportamento e modos de aprendizagem e comunicação.

Um agente pode incluir o seu tipo de atributo (mercado, empresa, consumidor), os seus atributos estruturais (geografia, concepção, função de custo, função de utilidade), e informações sobre os atributos de outros agentes (endereços). Os métodos de um agente podem incluir métodos comportamentais sociais (leis, protocolos de mercado), bem como métodos comportamentais privados (produção e estratégias de preços, algoritmos de aprendizagem para a atualização de estratégias, métodos para a mudança de um algoritmo de aprendizagem para outro) (TESFATSION, 2005).

O sistema econômico modelado deve ser capaz de se desenvolver ao longo do tempo exclusivamente com base nas interações entre os agentes, sem outras intervenções do modelador. Em particular, os agentes cognitivos devem ser livres para se comportar de acordo com as suas próprias crenças, preferências, instituições e circunstâncias físicas sem a imposição externa de condições de equilíbrio (TESFATSION, 2002).

ACE é uma mistura de conceitos e ferramentas de economia evolutiva, ciência cognitiva e ciência da computação. Representa uma abordagem metodológica que pode

vir a mostrar dois desenvolvimentos importantes (TESFATSION, 1998):

- a rigorosa análise, aperfeiçoamento e extensão das teorias desenvolvidas na literatura sobre economia evolutiva, que se mostraram analiticamente intratáveis
- a formulação rigorosa de testes e teorias conceitualmente integradas com teorias socioeconômicas compatíveis com teorias e dados de diversos domínios relevantes atualmente separados por fronteiras disciplinares.

Diversas outras abordagens são encontradas na literatura sobre simulações econômicas relacionadas à ACE como a utilização de algoritmos genéticos no processo de aprendizagem de agentes econômicos, suas tomadas de decisão, percepções e evolução; mercados econômicos automatizados para internet onde preços e ofertas são gerados por agentes computacionais; trocas em mercados estrangeiros; as relações e interações trabalhador-contratante em mercados de trabalho; entre outros.

2.3 Agentes econômicos modelados com arquitetura BDI

A utilização de agentes BDI em simulações econômicas não é comumente encontrado na literatura, fazendo-se notar que esta é uma área relativamente nova e pouco explorada.

O trabalho de (BURMEISTER et al., 2008) apresenta uma abordagem ao processo de gestão empresarial com o intuito de potencializar os recursos de um modelo de agentes BDI (na forma de crenças, desejos e intenções) a fim de obter maior agilidade no comportamento de gestão empresarial.

O processo de gestão empresarial abordado no referido trabalho (Business Process Management) agrupa todas as atividades que uma organização realiza a fim de criar, manter, controlar e evoluir seus processos de negócio. A plataforma *Agentis* em que o trabalho foi desenvolvido utiliza a arquitetura BDI para a modelagem do processo de negócios e de gestão, focando na utilização de planos para representar o processo de gestão dos agentes.

Segundo os autores, a tecnologia de agentes pode ser utilizada com base nos requisitos básicos do processo de gestão de negócios, fornecendo uma modelagem baseada em objetivos e um processo de execução ágil e flexível. A arquitetura de agentes BDI é utilizada como ponto de partida para a modelagem de processos empresariais. Como o modelo BDI é descrito por suas crenças, objetivos e planos, para cumprir os objetivos o modelo de gestão de negócios é descrito por objetivos, contextos e planos.

O trabalho de (FASLI, 2001) utiliza o modelo de agentes BDI em aplicações do mercado financeiro, definindo dois tipos de agentes, o arrojado, que pode ter e intenção de alcançar um estado que ele não sabe se é possível alcançar e o agente cauteloso, que só adota intenções se acredita ser possível alcançar o estado desejado.

Os agentes arrojados podem tomar medidas arriscadas e realizar ações mesmo não tendo informações suficientes sobre o mundo.

Por sua vez, os agentes cautelosos não estão dispostos a assumir riscos, só adotam uma intenção se têm informação suficiente de que é possível atingir seu objetivo.

2.3.1 Observações Finais

Os principais conceitos envolvendo trocas sociais, seus valores de trocas e uma proposta de um modelo de estrutura de trocas econômicas serão apresentados no capítulo seguinte.

3 TROCAS SOCIAIS E ECONÔMICAS

3.1 Valores de Troca

Em relação à sociedade humana, Piaget adotou uma abordagem relacional tal que uma sociedade é definida como uma estrutura onde os relacionamentos entre os indivíduos são estabelecidos por trocas sociais entre eles (DIMURO; COSTA; PALAZZO, 2005).

Segundo (PIAGET, 1995), existem três elementos sociais fundamentais: regras, valores e sinais. Neste sentido, as regras representam o sistema de obrigações da sociedade, os valores representam as trocas realizadas entre os indivíduos da sociedade e os sinais são os símbolos convencionais que expressam estas regras e valores.

De acordo com a Teoria Sociológica de Piaget (PIAGET, 1995), trocas sociais são as interações entre os indivíduos da sociedade e as relações existentes entre eles são baseadas em valores de troca. Trocas sociais se referem à troca de serviços entre os sujeitos, onde toda ação de um indivíduo em benefício de outro reflete sobre este provocando uma alteração na relação de ambos, um conjunto de valores é associado a cada serviço prestado constituindo os valores de troca. Valores de troca incluem por definição, qualquer coisa que dê lugar a uma troca, sejam objetos, idéias ou valores intelectuais.

Este tipo de troca possui uma avaliação qualitativa (subjetiva), regulam o processo de decisão individual e a continuidade de interações sociais baseadas em débito, crédito, direito e obrigação.

Entretanto a avaliação das trocas pode se tornar quantitativa (econômica) quando se pode mensurar os objetos de troca.

O saldo existente entre estas trocas possibilita que seja encontrado um estado de equilíbrio social.

Segundo (DIMURO; COSTA; PALAZZO, 2005), Piaget classifica os valores de trocas materiais e virtuais em duas categorias mais amplas: trocas imediatas e trocas futuras. Nas trocas imediatas, os agentes trocam serviços de maneira instantânea, serviço por serviço, avaliando tais serviços enquanto estão sendo prestados, permitindo assim, que cada agente possa regular a quantidade e a qualidade do serviço que ele presta a outro agente. Dois tipos de valores estão associados à troca imediata, eles correspondem ao investimento (custo) necessário para se realizar um serviço para outro agente, e a satisfação que tal serviço proporcionou ao agente que recebeu o serviço. Tais valores são chamados de valores materiais de troca. No caso das trocas futuras existe uma separação de tempo entre os estágios de uma troca de serviços, dando origem aos valores de troca virtuais que englobam créditos e débitos: quando um agente executa um serviço para outro, ele recebe um crédito por tal serviço, e o outro recebe um débito por ter recebido tal serviço e deve

pagar este débito futuramente. O termo virtual se refere ao fato de que o valor ainda não existe e será pago em algum momento no futuro.

A seguir serão apresentadas as estruturas de trocas sociais e econômicas, onde a estrutura social envolve trocas futuras e valores virtuais enquanto que a estrutura econômica envolve trocas imediatas e valores materiais.

3.2 Estrutura das Trocas Sociais

A estrutura das trocas sociais apresentada nesta seção foi proposta por (DIMURO; COSTA; PALAZZO, 2005) tendo por base a teoria de Piaget.

Uma troca social entre dois agentes, α e β , é realizada em dois estágios, como ilustrado na Fig. 3.1 (DIMURO; COSTA; PALAZZO, 2005). No estágio $I_{\alpha\beta}$ o agente α presta um serviço para o agente β . No estágio $II_{\alpha\beta}$, o agente α cobra de β um crédito por um serviço previamente realizado.

As variáveis envolvidas no processo de troca são:

- r representa o valor de um investimento na realização de um serviço;
- s representa o valor de satisfação por um serviço recebido;
- t corresponde ao valor de débito adquirido por ter recebido um serviço;
- v corresponde ao valor de crédito adquirido por ter prestado um serviço.

Como pode ser observado no esquema de trocas da Fig. 3.1 (DIMURO; COSTA; PALAZZO, 2005), as trocas $r_{I\alpha\beta}$, $s_{I\beta\alpha}$, $r_{II\beta\alpha}$ e $s_{II\alpha\beta}$ possuem valores materiais, enquanto as trocas $t_{I\beta\alpha}$, $v_{I\alpha\beta}$, $t_{II\beta\alpha}$ e $v_{II\alpha\beta}$ possuem valores virtuais.

A ordem de ocorrência das trocas não é necessariamente relativa aos estágios I e II.

A modelagem das trocas sociais de Piaget possui uma abstração algébrica através de estruturas algébricas para que seja possível realizar as operações nas trocas, estas estruturas servem como base para a formalização das regras que determinam o equilíbrio das trocas:

$$\text{Regra } I_{\alpha\beta} : (r_{I\alpha\beta} = s_{I\beta\alpha}) \wedge (s_{I\beta\alpha} = t_{I\beta\alpha}) \wedge (t_{I\beta\alpha} = v_{I\alpha\beta})$$

$$\text{Regra } II_{\alpha\beta} : (v_{II\alpha\beta} = t_{II\beta\alpha}) \wedge (t_{II\beta\alpha} = r_{II\beta\alpha}) \wedge (r_{II\beta\alpha} = s_{II\alpha\beta})$$

$$\text{Regra } I_{\alpha\beta} II_{\beta\alpha} : v_{I\alpha\beta} = v_{II\alpha\beta}$$

A regra $I_{\alpha\beta}$ afirma as condições para o equilíbrio interno no estágio $I_{\alpha\beta}$, implicando que o investimento feito por um agente α no desenvolvimento de um serviço para o agente β é o crédito que o agente β assume em relação ao agente α :

$$\text{Regra } I_{\alpha\beta} \Rightarrow r_{I\alpha\beta} = v_{I\alpha\beta}$$

A Regra $II_{\alpha\beta}$ afirma as condições para o equilíbrio interno no estágio $II_{\alpha\beta}$, implica que o crédito adquirido por um agente α sobre β é igual a satisfação que o agente α recebe com o retorno do serviço desenvolvido pelo agente β , isto é:

$$\text{Regra } II_{\alpha\beta} \Rightarrow v_{II\alpha\beta} = s_{II\alpha\beta}$$

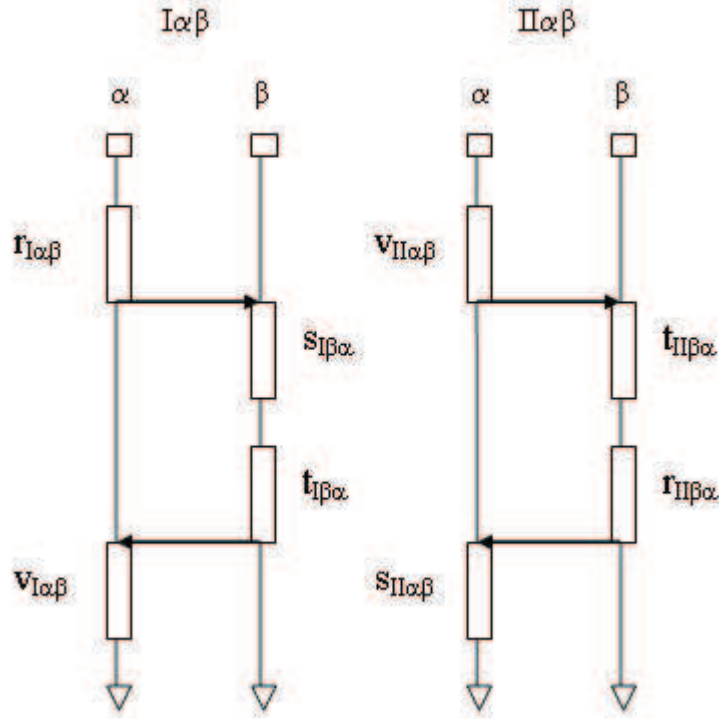


Figura 3.1: Estágios das trocas sociais (DIMURO; COSTA; PALAZZO, 2005)

A Regra $I_{\alpha\beta}II_{\alpha\beta}$ afirma as condições para o equilíbrio externo entre dois estágios, $I_{\alpha\beta}$ e $II_{\alpha\beta}$ implicando que o investimento inicial realizado por um agente α é igual a satisfação final proveniente da interação com o agente β , isto é:

$$Regra I_{\alpha\beta}II_{\alpha\beta} \Rightarrow r_{I\alpha\beta} = s_{II\alpha\beta}$$

As regras de equilíbrio possuem um papel importante na explicação de Piaget sobre a dinâmica de uma organização social e a identificação de situações de desequilíbrio.

3.3 Estrutura das Trocas Econômicas

O modelo para estruturas de trocas econômicas proposto neste trabalho envolve trocas imediatas, pois nas interações entre produtos e consumidor são trocados produtos por moeda. Os agentes econômicos avaliam e regulam a quantidade e o preço do produto no mercado.

Os valores associados às trocas por parte do produtor dizem respeito ao investimento feito por ele para produzir o produto, ou seja, o custo de produção, e à satisfação em vender este produto.

Por parte do consumidor, os valores associados às trocas são relacionados ao investimento em moeda do consumidor para comprar o produto e à satisfação que terá na utilização deste.

Logo, a troca econômica é composta somente de uma etapa, como pode ser observado na Fig. 3.2. Quando o agente é o produtor, o investimento r é custo de produção e s é a satisfação do dinheiro recebido, esta satisfação pode ser associada à sua função de

custo. Quando o agente é o consumidor, o investimento r é o do pagamento em dinheiro e a satisfação s é a do uso do produto, que pode ser associada à sua função de utilidade (e de demanda).

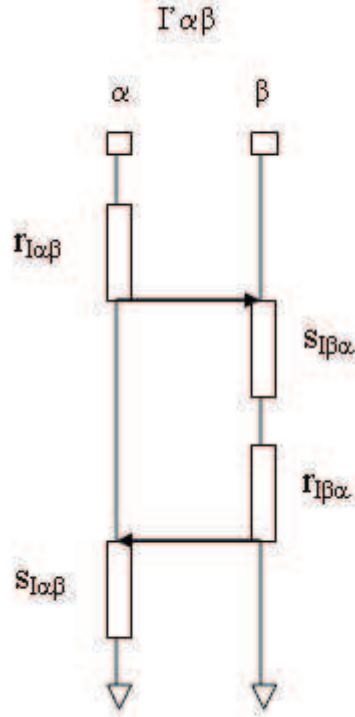


Figura 3.2: Estágio das trocas econômicas

No caso das trocas econômicas apenas uma regra determina o equilíbrio das trocas. O equilíbrio se dá quando o investimento e a satisfação de ambos os agentes econômicos, produtor e consumidor, é o mesmo.

$$Regra I'_{\alpha\beta} : r_{I_{\alpha\beta}} = s_{I_{\beta\alpha}} = r_{I_{\beta\alpha}} = s_{I_{\alpha\beta}}$$

3.4 Observações Finais

Para um melhor entendimento do processo de trocas econômicas os conceitos tais como mercado, modelo de consumidor e modelo de produtor serão apresentados a seguir.

4 MICROECONOMIA

Uma sociedade é formada por níveis sociais, entre os quais se destacam o nível macro social e o nível micro social. No nível macro social está a organização, composta por sistemas sociais, que representam a estrutura de nível macro da sociedade, ou seja, a sociedade como um todo. Estes sistemas sociais são acolhidos e estudados principalmente por áreas como sociologia, política, economia, entre outros. No nível micro social está a população, os indivíduos da sociedade, com atenção a estudos internos aos indivíduos como a psicologia, porém não descartados pelas demais áreas como a economia.

Situando os níveis sociais à economia, temos no nível macro social a macroeconomia que estuda a forma mais geral da economia, o comportamento dos grandes agregados de pessoas e firmas em relação a variáveis como renda e produtos, emprego e desemprego, níveis de preços, produção nacional total, estoque de moeda, balanço de pagamentos, e taxas de juros e câmbio.

No nível micro social está a microeconomia, que é o estudo de como os indivíduos e firmas tomam decisões e como essas decisões afetam os preços e a produção de bens e serviços (WESSELS, 2002), isto é, o comportamento econômico de unidades com poder de decisão, representadas pelos agentes econômicos.

O presente trabalho está localizado na microeconomia, especificamente no comportamento e nas relações dos dois principais tipos de comportamento econômicos, o comportamento de consumidor e o de produtor e em suas interações e trocas no mercado.

Este capítulo abordará conceitos microeconômicos pertinentes ao desenvolvimento deste trabalho.

4.1 Mercado

Alguns tipos de conceitos de mercado estão descritos em (WESSELS, 2002), entre eles:

- Conceito econômico, baseado nos ensinamentos da Teoria Econômica Pura: Mercado é a área dentro da qual as forças econômicas - oferta e procura - convergem para o estabelecimento de um preço.
- Conceito moderno, calcado fundamentalmente na noção de espaço geoeconômico: Mercado é o espaço geoeconômico no qual ofertantes e compradores de um produto ou grupo de produtos e usuários de um serviço ou grupo de serviços estabelecem as condições contratuais de compra e venda ou da prestação dos serviços, e efetivam as negociações resultantes do contrato.

De acordo com os conceitos podemos concluir que o mercado representa as trocas e interações entre os agentes econômicos.

Os agentes econômicos possuem necessidades a serem supridas, sejam elas em forma de bens ou serviços que possuem custos associados. Este custo pode ser, por exemplo, a quantidade de moeda necessária para produzir estes bens ou prestar estes serviços.

Define-se atividade econômica como sendo o conjunto de esforços realizados pelos agentes econômicos para produzir bens e prestar serviços a fim de satisfazer as suas necessidades.

A necessidade tem caráter subjetivo e intuitivo, podendo ser individual ou coletiva, com características absolutas pertencentes a todos os indivíduos como fome e sede ou relativas a diferentes indivíduos, influenciadas por fatores comportamentais e culturais, por exemplo, produtos considerados supérfluos por um indivíduo podem ser essenciais para outro indivíduo.

A utilidade e o valor de um bem também têm grande influência sobre o consumo de um produto.

A utilidade de um bem possui uma abordagem objetiva e quantitativa, está relacionada à satisfação ou adequação de um bem à uma necessidade, possuindo assim influência individual.

O valor de um produto também denominado de preço de um produto tem caráter objetivo e quantitativo, está relacionado ao quanto o consumidor está disposto a pagar por aquele bem. A decisão de consumir ou não um determinado produto, e em que quantidade, está sensivelmente ligada ao comportamento dos preços no mercado.

Apesar de a teoria econômica considerar além de troca de bens também a troca de serviços utilizaremos neste trabalho a expressão troca de produtos para representar ambas as trocas.

Um esquema simplificado de mercado incluindo somente um produtor e um consumidor pode ser observado na Fig. 4.1.

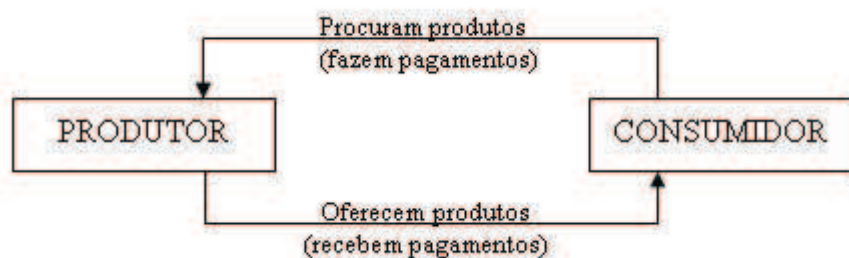


Figura 4.1: Modelo simplificado de mercado

4.2 Modelo do Consumidor

O consumidor pode ser definido como uma unidade de consumo que possua um orçamento e que tenha perfeitas condições de decidir como utilizá-lo.

Dispondo de seu orçamento, o consumidor resolve o problema da satisfação de suas necessidades realizando seu processo de consumo. Esse comportamento é regido por uma hipótese básica: os indivíduos distribuem os gastos dirigidos à satisfação de suas

necessidades de forma racional, isto é, tomam decisões que permitem que obtenham a maior satisfação possível, respeitando as limitações de seu orçamento em cada momento. É preciso considerar, entretanto, que, na realidade, o consumidor não tem sempre o conhecimento da melhor forma de atender a suas necessidades. Todavia, o esforço mais ou menos consciente para maximizar seu bem estar com um orçamento limitado determina a demanda individual racional por bens e serviços (CARVALHO, 2000).

O comportamento dos consumidores em um mercado de um determinado produto é conhecido pelo termo função de demanda. Já o termo simples demanda (ou procura) designa a quantidade de um determinado produto que um consumidor eventual está disposto a adquirir por um determinado preço durante um determinado período de tempo.

A Fig. 4.2 mostra um exemplo de uma curva de demanda de um consumidor com a seguinte definição:

$$p = 100 - q$$

onde p representa o preço do produto e q a quantidade.

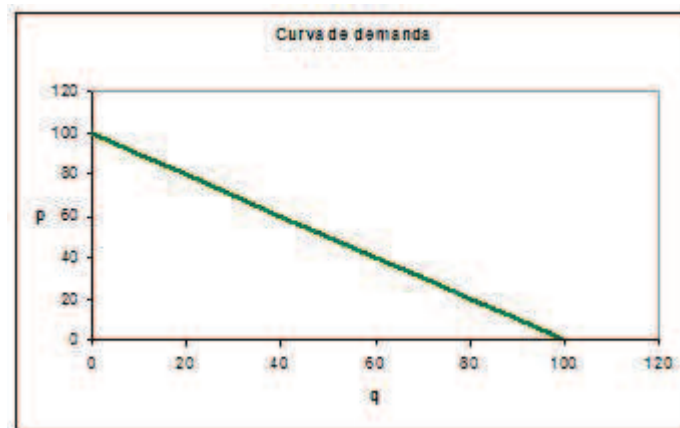


Figura 4.2: Curva de demanda

A lei da demanda explica que: a quantidade procurada de determinado produto varia na razão inversa da variação de seus respectivos preços, mantidas as demais influências constantes. Em outras palavras a lei da demanda estabelece que uma quantidade maior de um produto deverá ser comprada a preços mais baixos do que a preços mais altos, ou seja, toda vez que o preço diminuir, a quantidade de procura pelo produto deve aumentar e, toda vez que o preço aumentar, a quantidade procurada deve diminuir.

Nota-se que a lei da demanda considera quantidade e preço do produto, verificando como as variações de preço de um produto afetam o comportamento de compra dos consumidores, ou seja, a quantidade que desejam adquirir do produto, mantidas as demais influências constantes, tais como as preferências do consumidor, a renda disponível para gastos, as expectativas relacionadas ao produto e os preços de outros produtos relacionados (substitutos ou complementares).

Se acontecerem mudanças em algumas destas influências ocorrerá uma modificação em toda a curva de demanda, isto é, em sua posição, ocorrendo o que a Teoria Econômica denomina de variação de demanda ou deslocamento de procura. A Fig. 4.3 (CARVALHO, 2000) ilustra uma variação de demanda.

Na Fig. 4.3, se a curva de demanda se desloca da posição DD para a posição

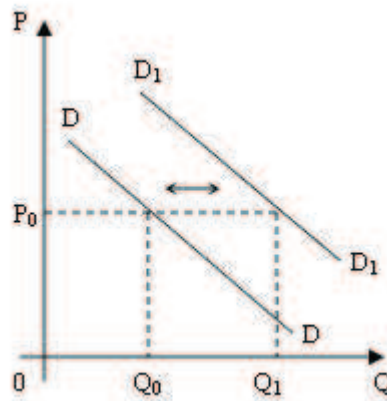


Figura 4.3: Curva da variação da demanda (CARVALHO, 2000)

D_1D_1 , temos identificado um aumento da demanda. Pelo preço P_o os compradores, em vez de comprarem a quantidade Q_o , passam a comprar a quantidade Q_1 do produto desejado. Tal comportamento pode ser derivado de um aumento da renda disponível do consumidor, da expectativa de um aumento significativo do preço futuro do bem e etc. Caso a movimentação fosse inversa, de D_1D_1 para DD , ter-se-ia uma diminuição da demanda do bem, determinada, por exemplo, por uma inversão no comportamento da renda disponível ou na expectativa em relação ao preço futuro do bem (CARVALHO, 2000).

Considerando que um mercado possui geralmente vários consumidores, em certas análises econômicas deve-se considerar a demanda de mercado.

A demanda de mercado, ou demanda global, por um produto mostra as diferentes quantidades demandadas de um certo produto por todos indivíduos no mercado em um dado período, a diferentes preços. A demanda de mercado de um produto depende de todos os fatores que determinam a demanda individual e, além disso, do número de compradores do produto no mercado. Em termos puramente geométricos, a curva da demanda de mercado por um produto é obtida pela somatória horizontal de todas as curvas de demanda individuais do produto (SALVATORE, 1996).

Um exemplo de demanda de mercado com três consumidores, pode ser observado na Fig. 4.4, onde consumidor 1, consumidor 2 e consumidor 3 possuem as seguintes funções de demanda, respectivamente:

$$p = 100 - q$$

$$p = 70 - q$$

$$p = 50 - q$$

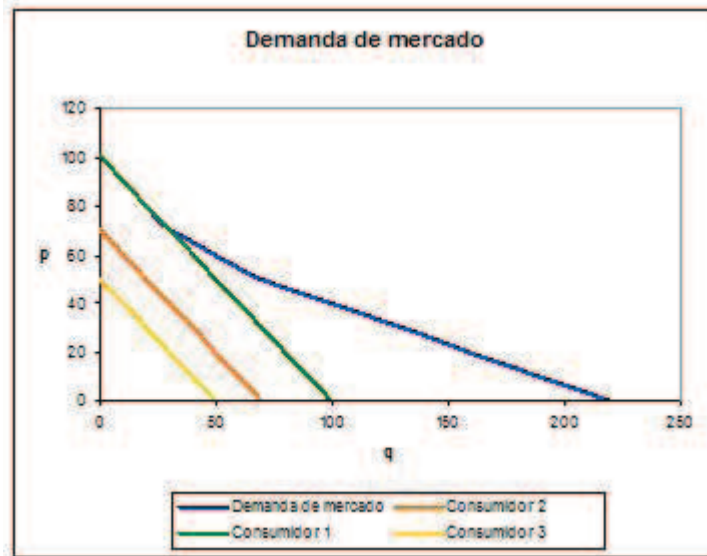


Figura 4.4: Demanda de mercado

4.3 Modelo do Produtor

O produtor pode ser definido como uma unidade produtora independente e que oferece produtos para a venda no mercado.

Pelo princípio da Racionalidade de Comportamento, os produtores estarão sempre dispostos a vender mais quantidade do produto, quanto maior for seu preço. Esse fato não é difícil de ser compreendido. Primeiro porque a preços elevados é muito mais atrativo aos produtores vender o produto do que deixá-lo em estoque; segundo porque a preços elevados os níveis de vendas mais lucrativos são mais altos do que a preços baixos; terceiro porque as possibilidades de altos lucros expandem o mercado e permitem, em um primeiro momento, uma quantidade maior do produto a ser vendida a preços altos. Por todas essas razões, o objetivo de maximização dos resultados é atingido e, assim, sempre que preço aumentar, a quantidade oferecida deverá aumentar (CARVALHO, 2000).

O comportamento dos produtores em um mercado de um determinado produto é conhecido pelo termo oferta.

Oferta pode ser definida como a quantidade de um determinado produto que o produtor está disposto a produzir e comercializar por um determinado preço e em determinado período de tempo.

O comportamento do produtor em relação a um produto corresponde à função de oferta deste produtor. A Fig. 4.5 mostra o gráfico de um exemplo de uma curva de oferta de um produtor individual de acordo com a seguinte definição:

$$p = 20 + q \frac{80}{100}$$

onde p é o preço do produto e q a quantidade produzida.

A lei da oferta explica que, de um modo geral, a oferta de um produto varia na razão direta da variação de seu preço considerando-se que as demais influências se mantenham constantes.

Entre os fatores que podem influenciar a oferta de um produto estão a tecnologia, o preço da matéria prima necessária para a produção, prosperidade econômica, concessão

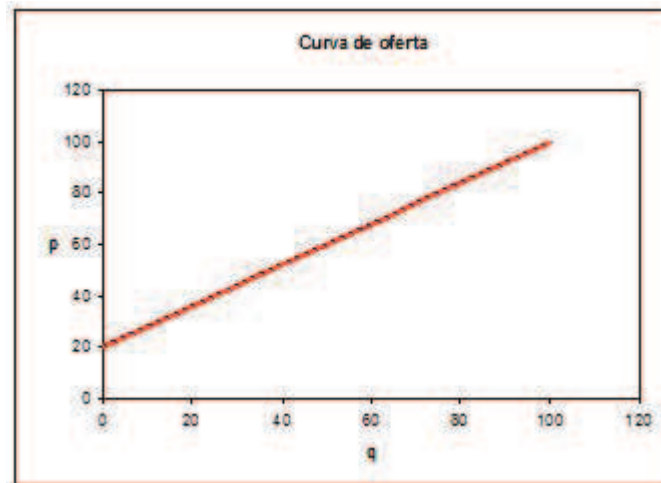


Figura 4.5: Curva de oferta

de subsídios e em alguns casos o clima e a temperatura. Se algum destes fatores forem alterados acarretará uma modificação na curva da oferta, em sua posição.

Deste modo, um aumento da oferta identifica um deslocamento de toda a curva para a direita e uma diminuição da oferta identifica um deslocamento de toda a curva para a esquerda, como pode ser observado na Fig. 4.6 (CARVALHO, 2000), onde O_2 representa aumento de oferta, relativamente a O_1 , enquanto que O_3 representa uma diminuição de oferta.

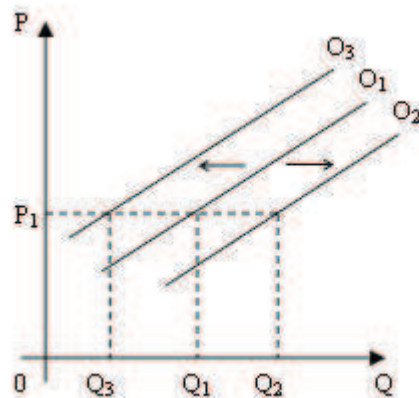


Figura 4.6: Curva da variação da oferta (CARVALHO, 2000)

4.4 Equilíbrio de Mercado

O equilíbrio de mercado refere-se a uma condição de mercado que, uma vez atingida, tende a persistir. Em economia, isso ocorre quando a quantidade demandada no mercado por um produto em um certo período iguala-se à quantidade ofertada do produto no mercado nesse mesmo período, não há escassez nem excedente. O preço em que ocorre o equilíbrio é denominado de preço de equilíbrio e a quantidade em que acontece o equilíbrio é chamada de quantidade de equilíbrio.

Colocando-se em um gráfico as curvas da oferta e da demanda o equilíbrio será representado pelo ponto de intersecção das duas curvas.

Uma representação do equilíbrio pode ser observada na Fig. 4.7 (CARVALHO, 2000). No ponto A está o equilíbrio do mercado, onde nota-se claramente que a quantidade Q_1 que os consumidores desejam adquirir ao preço P_1 é exatamente igual à quantidade Q_1 que os produtores desejam vender a esse preço P_1 .

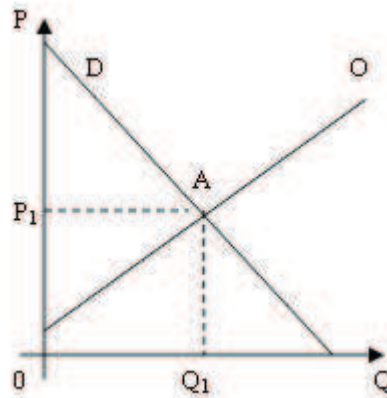


Figura 4.7: Equilíbrio de mercado (CARVALHO, 2000)

4.5 Excedente do Consumidor e Lucro do Produtor

O excedente do consumidor é a diferença entre o valor máximo que o consumidor está disposto a pagar por uma unidade de um produto e o valor pago por esta unidade. Gráficamente está representado pela área entre a curva de demanda e o preço de equilíbrio.

O lucro do produtor ou excedente do produtor é a diferença entre o valor que um produtor recebe pelas vendas de uma unidade de produto e o valor que estas unidades custaram para ser produzidas. Gráficamente está representado pela área entre a curva de oferta e o preço de equilíbrio.

O excedente do consumidor e o lucro do produtor podem ser observados na Fig. 4.8.

4.6 Excedente e Escassez de Produção

Quando se estabelece um preço diferente do preço de equilíbrio, a quantidade demandada do produto passa a ser diferente da quantidade ofertada.

Como pode ser observado na Fig. 4.9, a um preço P_2 maior que o preço de equilíbrio P_1 , a quantidade demandada do produto Q_{2d} é menor que a quantidade ofertada Q_{2o} , neste caso tem-se um excedente de produção.

A escassez de produção ocorre para um preço P_3 menor que o preço do equilíbrio P_1 , para este preço a quantidade demandada do produto Q_{3d} é maior que a quantidade ofertada Q_{3o} .

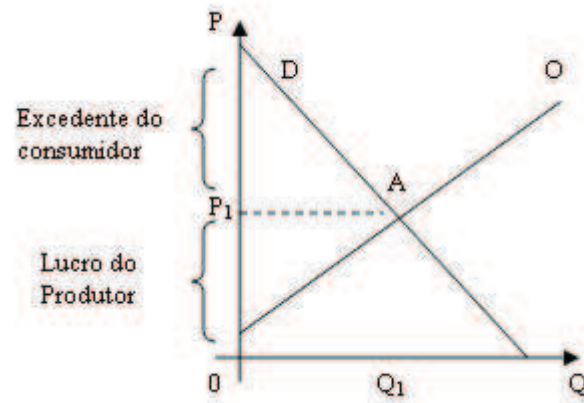


Figura 4.8: Excedente do consumidor e lucro do produtor

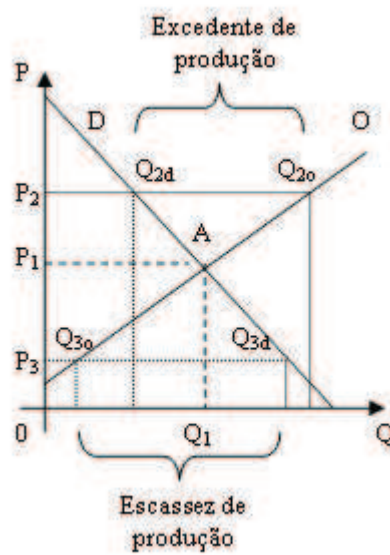


Figura 4.9: Excedente e escassez de produção

4.7 Externalidades

Dizemos que uma situação econômica envolve uma externalidade de consumo se um consumidor se preocupar diretamente com a produção ou consumo de outro agente. Por exemplo, as pessoas têm preferências definidas sobre barulho na vizinhança de madrugada, sobre fumantes sentados próximos em um restaurante ou sobre a quantidade de poluição produzida pelos automóveis em seu ambiente. Estes são exemplos de externalidades de consumo negativas. Por outro lado, uma pessoa pode ter prazer em apreciar o jardim de seu vizinho - esse é um exemplo de externalidade de consumo positiva (VARIAN, 1990).

Do mesmo modo, uma externalidade na produção surge quando as possibilidades de produção de uma empresa são influenciadas pelas escolhas de outra empresa ou consumidor. Exemplo clássico é de um pomar de maçãs localizado próximo a um apiário, onde há uma externalidade na produção positiva mútua - a produção de cada empresa afeta positivamente as possibilidades de produção da outra. Caso semelhante é o da empresa de pesca que se preocupa com a quantidade de poluentes despejados em sua área de operação, uma vez que a poluição tem influência negativa sobre sua capacidade de captura (VARIAN, 1990).

Na simulação realizada com os agentes econômicos cognitivos só ocorre troca, ou seja, a negociação só é efetivada se o preço de oferta do produtor está favorável ao preço de demanda do consumidor, evidenciando uma externalidade de consumo como pode ser analisado com maiores detalhes no Capítulo 8.

4.8 Observações Finais

Como pode-se observar os modelos microeconômicos apresentados anteriormente se adaptam à representação das percepções e do raciocínio humano. A seguir será apresentado um modelo de agentes que possui uma abordagem ideal à representação do raciocínio humano.

5 MODELO BDI

O modelo de agentes BDI (Beliefs Desires Intentions) apresenta uma abordagem para a modelagem de agentes reativos e cognitivos baseada em estados mentais - crenças, desejos e intenções - e tem sua origem na tradição filosófica da compreensão do raciocínio prático humano.

Este modelo foi originado do trabalho do Instituto de Pesquisas de Stanford (Stanford Research Institute) no projeto Rational Agency em meados de 1980 (BORDINI; HÜBNER; WOOLDRIDGE, 2007).

A arquitetura BDI tem se destacado em sistemas multiagentes como um importante método de modelagem e desenvolvimento de agentes racionais. Com base no raciocínio prático humano, os agentes BDI são capazes de deliberar sobre seus objetivos e decidir por si o que fazer e como fazer para realizar ações a fim de alcançar estes objetivos.

“Raciocínio prático é um problema de pesar considerações conflitantes, para e contra opções que competem umas com as outras, onde as considerações relevantes são providas pelo que o agente deseja/dá valor/se importa e o que o agente acredita.” (BRATMAN, 1990) in (WOOLDRIDGE, 2000) .

Pelo menos dois processos prévios constituem o raciocínio prático humano, a deliberação e o raciocínio meio-fim. A deliberação é o processo de decidir qual estado de interesse se quer alcançar. O raciocínio meio-fim é o processo de decidir como alcançar estes estados de interesse.

O resultado final do raciocínio meio-fim é um plano para alcançar o estado de interesse desejado. Após obter um plano, o agente então tentará executar seu plano, a fim de alcançar tal estado de interesse. Se tudo der certo (se o plano for bom e o ambiente cooperar suficientemente), então, após a execução do plano, o estado de interesse escolhido será alcançado.

A seguir, são apresentados os três estados mentais adotados pelo modelo BDI (RAO; GEORGEFF, 1992):

- Crenças representam o que o agente sabe sobre o estado do ambiente e dos agentes presentes no ambiente (inclusive sobre si mesmo). As crenças são apenas uma maneira de representar o estado do mundo, seja através de variáveis, uma base de dados relacional, ou expressões simbólicas em um cálculo de predicados. Elas podem ser incompletas ou incorretas e até mesmo contraditórias.
- Desejos representam estados do mundo que o agente quer atingir (dito de outra forma, são representações daquilo que ele quer que passe a ser verdadeiro no ambiente). Em tese, desejos podem ser contraditórios, ou seja, podem-se desejar coisas

que são mutuamente exclusivas do ponto de vista de ação prática. Normalmente se refere a objetivos como um subconjunto dos desejos que são todos compatíveis entre si.

- Intenções são pró-attitudes. Pode ser considerado um subconjunto dos desejos, mas ao contrário destes, devem ser consistentes (compatíveis com as crenças) e persistentes (mantêm-se até serem alcançadas ou não mais atingíveis). Representam também seqüências de ações específicas que um agente se compromete a executar para atingir determinados objetivos, ou seja, existe um comprometimento em realizá-las. Ao modelar um agente através do modelo BDI, especificam-se suas crenças e seus desejos iniciais, mas a escolha das intenções e dos desejos e crenças posteriores fica sob a responsabilidade do próprio agente, isto é, de uma auto-análise de suas crenças e seus desejos disponíveis em cada momento.

Às vezes, é necessário que um agente deixe de considerar uma intenção, porém as reconsiderações têm um alto custo computacional. Isto ocorre quando uma intenção não pode ser mais atingível devido ao ambiente não mais fornecer subsídios ou se a intenção já tenha sido alcançada por outro agente.

Intenções seguem algumas regras importantes no raciocínio prático (WOOLDRIDGE, 2000):

- Intenções dão direção ao raciocínio meio-fim: se o agente tem uma intenção constituída ele irá tentar realizar esta intenção e deverá decidir como, que passos são necessários para realizar esta intenção. Entretanto, se o agente falhar ao tentar executar uma ação com a finalidade de realizar a intenção desejada ele irá tentar outras alternativas para atingir seu objetivo.
- Intenções persistem: um agente não irá desistir de suas intenções sem motivo, ele irá persistir até acreditar que conseguiu realizar a intenção, que não pode realizar a ação ou que a razão que originou a intenção não existe mais.
- Intenções limitam deliberações futuras: o agente não adota opções inconsistentes com suas intenções.
- Intenções influenciam crenças sobre que futuro o raciocínio prático será baseado: se o agente adota uma intenção, logo ele pode planejar o futuro supondo que irá atingir esta intenção.

5.1 Arquitetura de Agentes BDI

A arquitetura de um agente BDI possui outros componentes além dos estados mentais definidos no modelo, ou seja, as crenças, os desejos e as intenções, a fim de completar a especificação e o controle dos agentes e a descrição dos processos internos que regulam sua interação com o ambiente.

A arquitetura genérica de um agente BDI pode ser observada na Fig. 5.1. A seguir serão descritos os demais componentes conforme proposto em (HÜBNER; BORDINI; VIEIRA, 2004).

A função de revisão de crenças (FRC) recebe a informação sensória, isto é, percebe propriedades do ambiente e, consultando as crenças anteriores do agente, atualiza

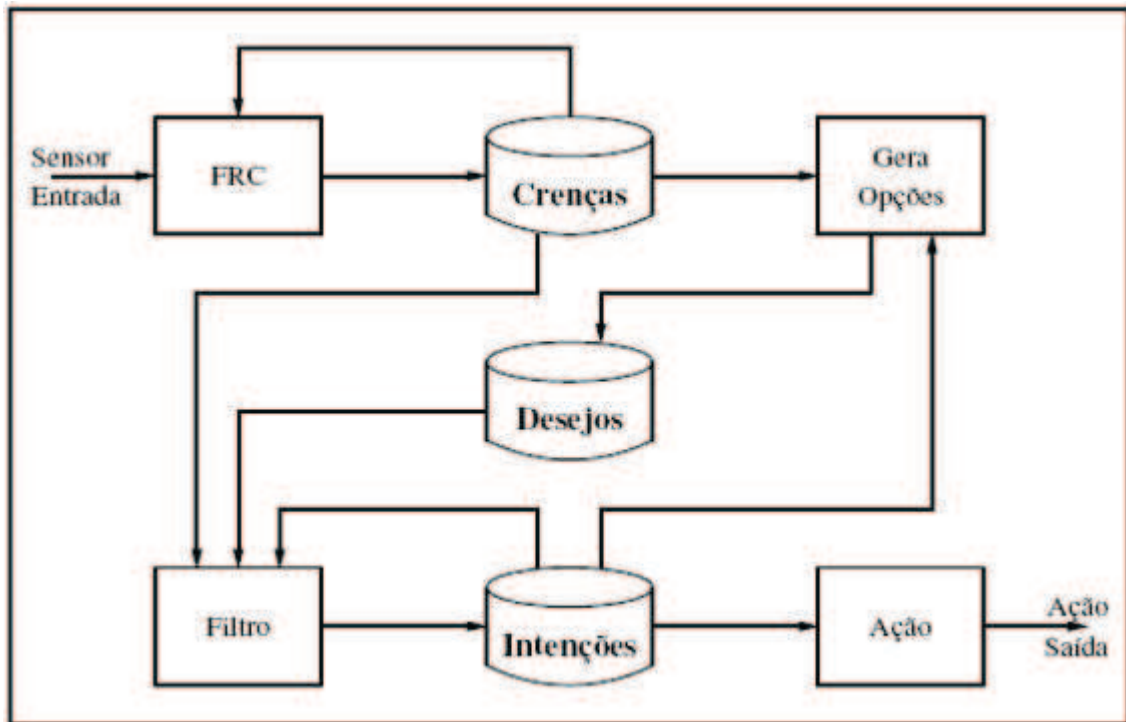


Figura 5.1: Arquitetura BDI genérica (HÜBNER; BORDINI; VIEIRA, 2004)

essas crenças para que elas reflitam o novo estado do ambiente. Com essa nova representação do estado do ambiente, é possível que novas opções fiquem disponíveis (opções de estados a serem atingidos).

A função Gera Opções verifica quais as novas alternativas de estados a serem atingidos, que são relevantes para os interesses particulares daquele agente. Isto deve ser feito com base no estado atual do mundo (conforme as crenças do agente) e nas intenções com que o agente já está comprometido. A atualização dos objetivos se dá, então, de duas formas: as observações do ambiente possivelmente determinam novos objetivos do agente, e a execução de intenções de mais alto nível pode gerar a necessidade de que objetivos mais específicos sejam atingidos.

A função Filtro representa o processo de deliberação do agente. Uma vez atualizado o conhecimento e a motivação do agente, é preciso, em seguida, decidir que curso de ações específico será usado para alcançar os objetivos atuais do agente (para isso é preciso levar em conta os outros cursos de ações com os quais o agente já se comprometeu, para evitar ações incoerentes, bem como eliminar intenções que já foram atingidas ou que se tornaram impossíveis de ser atingidas). Esse é o papel da função Filtro, que atualiza o conjunto de intenções do agente, com base nas crenças e desejos atualizados e nas intenções já existentes.

A função Ação é responsável pela escolha de qual ação específica, entre aquelas pretendidas, será a próxima a ser realizada pelo agente no ambiente de acordo com o conjunto de intenções já atualizado.

Em certos casos, em que não é necessário priorização entre múltiplas intenções, a escolha pode ser simples; ou seja, basta escolher qualquer uma entre as intenções ativas, desde que se garanta que todas as intenções terão, em algum momento, a oportunidade de serem escolhidas para execução. Porém, alguns agentes podem precisar usar escolha de

intenções baseadas em critérios mais sofisticados para garantir que certas intenções sejam priorizadas em relação a outras em certas circunstâncias.

5.2 Modelo Computacional de um Agente BDI

Um fator importante em um modelo computacional de um agente BDI é o comprometimento deste agente com seus planos e intenções. Ele deve ser capaz de rever seus conceitos quando, por algum motivo, perceber que não será capaz de atingir seus objetivos, devendo assim fazer novas escolhas de planos e intenções.

O agente BDI deve analisar seu comprometimento com planos e intenções. O agente permanece comprometido com seu plano até ele ser completamente executado, a intenção pela qual ele foi desenvolvido foi atingida, é inatingível, ou não é mais útil.

O modelo computacional do raciocínio prático de um agente BDI apresentado nesta seção foi originalmente publicado por (BORDINI; HÜBNER; WOOLDRIDGE, 2007).

O algoritmo Alg. 1 apresentado a seguir, representa o modelo de raciocínio prático de um agente BDI:

Algorithm 1 Laço de controle do Agente

```

1:  $B \leftarrow B_o$ ; /*  $B_o$  são as crenças iniciais */
2:  $I \leftarrow I_o$ ; /*  $I_o$  são as intenções iniciais */
3: while true do
4:   buscar a próxima percepção  $\rho$  via sensores;
5:    $B \leftarrow brf(B, \rho)$ ;
6:    $D \leftarrow options(B, I)$ ;
7:    $I \leftarrow filter(B, D, I)$ ;
8:    $\pi \leftarrow plan(B, I, Ac)$ ; /*  $Ac$  é um conjunto de ações */
9:   while not (empty( $\pi$ ) or succeed( $I, B$ ) or impossible( $I, B$ )) do
10:     $\alpha \leftarrow first\_element\_of(\pi)$ ;
11:    execute( $\alpha$ );
12:     $\pi \leftarrow tail\_of(\pi)$ ;
13:    observar o ambiente para buscar a próxima percepção  $\rho$ ;
14:     $B \leftarrow brf(B, \rho)$ ;
15:    if reconsider( $I, B$ ) then
16:       $D \leftarrow options(B, I)$ ;
17:       $I \leftarrow filter(B, D, I)$ ;
18:    end if
19:    if not sound( $\pi, I, B$ ) then
20:       $\pi \leftarrow plan(B, I, Ac)$ ;
21:    end if
22:  end while
23: end while

```

Neste algoritmo as variáveis B , D e I representam as crenças, os desejos e as intenções do agente BDI, respectivamente.

Dentro do laço de controle básico, o agente observa o ambiente para buscar novas percepções. Então, na linha 5, ele atualiza suas crenças (isto é, a informação atual sobre

o ambiente), pela função de revisão de crenças, denotada aqui por *brf*. Esta função pega as crenças atuais do agente e a nova percepção (ρ) e retorna as novas crenças do agente, resultante da atualização de B com ρ .

Na linha 6, o agente determina seus desejos, ou opções, com base nas suas crenças e intenções atuais, usando a função *options*. O agente então escolhe entre estas opções, selecionando alguma para se tornar intenção, linha 7, e gera um plano para ativar a intenção, pela função *plan*, linha 8.

O laço interno das linhas 9 até 22 mostra a execução de um plano para atingir a intenção do agente. Se tudo correr bem, o agente simplesmente escolhe e executa as ações para atingir seu plano, até que o plano π esteja vazio (até que todas as ações do plano tenham sido executadas). Entretanto, depois de executar uma ação do plano, linha 11, o agente faz uma pausa para observar o ambiente, novamente atualizando suas crenças. Então ele se pergunta se, em princípio, é válido reconsiderar suas intenções (gastar tempo deliberando sobre as intenções novamente), ele toma sua decisão através da função *reconsider*, linhas 15 até 18. Só é realmente válido reconsiderar as intenções se esta reconsideração levar a uma mudança de intenção, caso contrário não é válido perder tempo com esta deliberação.

Finalmente, independente de decidir ou não deliberar, o agente se pergunta se o plano atual está ou não completo de acordo com as suas intenções (o que ele quer atingir com seu plano) e suas crenças (o que ele pensa do estado do ambiente), linha 19. Se o agente acreditar que o plano não está completo, então ele planeja novamente, linha 20.

5.3 Linguagem AgentSpeak(L) na Plataforma Jason

A linguagem AgentSpeak(L) foi inspirada no modelo BDI, com base no modelo de comportamento humano desenvolvido por filósofos.

Segundo o trabalho “Linguagens de programação orientadas a agentes: uma introdução baseada em AgentSpeak(L)” de Bordini e Vieira (BORDINI; VIEIRA, 2003) in (HÜBNER; BORDINI; VIEIRA, 2004), a linguagem AgentSpeak(L) foi projetada para a programação de agentes BDI na forma de sistemas de planejamento reativos (reactive planning systems). Sistemas de planejamento reativos são sistemas que estão permanentemente em execução, reagindo a eventos que acontecem no ambiente em que estão situados através da execução de planos que se encontram em uma biblioteca de planos parcialmente instanciados

A linguagem é uma extensão natural e elegante de programação em lógica para a arquitetura de agentes BDI, que representa um modelo abstrato para a programação de agentes e tem sido a abordagem predominante na implementação de agentes inteligentes ou “racionais” (WOOLDRIDGE, 2000). Um agente AgentSpeak(L) corresponde à especificação de um conjunto de crenças que formarão a base de crenças inicial e um conjunto de planos. Um átomo de crença é um predicado de primeira ordem na notação lógica usual, e literais de crença são átomos de crenças ou suas negações. A base de crenças de um agente é uma coleção de átomos de crença. Na implementação Jason da linguagem AgentSpeak(L), os desejos dos agentes são representados pelos eventos que ocorrem no interpretador, ativando planos.

A seguir será apresentado o código do arquivo principal da simulação de um mercado com quatro agentes econômicos cognitivos, assim como um exemplo de crenças e regras iniciais, de um objetivo inicial e de um plano do agente controlador, também

presente neste mercado. Os detalhes da modelagem são explicados no Capítulo 8. Os códigos completos da simulação podem ser vistos nos anexos A, B, C, D e E, constantes ao final deste trabalho.

O código do arquivo principal do projeto apresenta a definição da infraestrutura escolhida para o projeto assim como os agentes que pertencem à esta aplicação. Neste caso, temos o projeto mercado com a presença dos agentes: *agente controlador*, *agente 1*, *agente 2*, *agente 3* e *agente central*.

```
/* Jason Project */
MAS mercado {
  infrastructure: Centralised
  agents:
    agentecontrolador;
    agente1;
    agente2;
    agente3;
    agentecentral;
}
```

A seguir, pode ser observado parte do código do *agente controlador*.

```
// Agent agentecontrolador in project mercado.mas2j

/* Initial beliefs and rules */

controleagentes(4). //Numero de agentes no mercado
ciclo(ag1).          // Agente que esta realizando a negociacao no ciclo
cont(0).             // Controla o numero de ciclos por periodo
limite(4).           // Numero maximo de ciclos por periodo

//Moeda inicial dos agentes
qmoeda(a,1000).
qmoeda(b,2000).
qmoeda(c,3000).
qmoeda(d,4000).

/* Initial goals */

!controle.

/* Plans */

+!controle: controleagentes(ControleAgentes) <-
  .send(agente1, achieve, controleagentes(ControleAgentes,controle(controle2))).
+!controle(controle2): controleagentes(ControleAgentes) <- .print("controle 2");
  .send(agente2, achieve, controleagentes(ControleAgentes,controle(controle3))).
+!controle(controle3): controleagentes(ControleAgentes) <- .print("controle 3");
  .send(agente3, achieve, controleagentes(ControleAgentes,controle(controle4))).
+!controle(controle4): controleagentes(ControleAgentes) <- .print("controle monopolio");
  .send(agentecentral, achieve, controleagentes(ControleAgentes, sorteiotiponegociacao)).
```

No campo *Initial beliefs and rules*, observa-se as crenças iniciais do agente controlador. Crenças sobre: o número de agentes presentes no mercado, que agente está realizando a negociação no ciclo, o controle do número de ciclos por período e o número máximo de ciclos por período. O agente controlador também possui uma base de crenças com a informação sobre a quantidade de moeda dos agentes no mercado.

No campo *Initial goals*, nota-se o único plano inicial do agente controlador, chamado de *controle*.

O plano de um agente é representado da seguinte forma:

$$+!p(b) : \textit{contexto} < - \textit{procedimento}.$$

onde $+!p(b)$ é o evento disparador, no contexto é realizada uma consulta às crenças, se o contexto for verdadeiro o plano é aplicável e o procedimento é a sequência de ações realizadas sobre a intenção ativa.

Deste modo, no campo *Plans*, pode ser observado o plano *controle* por completo, onde *controle* é o evento disparador. No contexto, tem-se uma consulta à crença *controle agentes* e o plano, que é o envio de uma mensagem ao *agente 1*, para que este ative o seu plano *controle agentes*. Nota-se que o plano *controle(controle2)*, contido no corpo do plano *controle agentes* a ser enviado ao *agente 1*, faz parte de um plano de resposta ao próprio agente controlador.

Os demais planos de controle são semelhantes ao primeiro, sendo que para cada um existe um parâmetro correspondente.

5.4 Observações Finais

Os agentes BDI são baseados no raciocínio humano possuindo estados mentais. No capítulo seguinte serão apresentados algumas características do comportamento do consumidor incluindo crenças desejos e intenções.

6 COMPORTAMENTO DO CONSUMIDOR

O comportamento do consumidor é definido como o estudo das unidades compradoras (consumidores) e dos processos de trocas envolvidos na aquisição, no consumo e na disposição de mercadorias, serviços, experiências e idéias. Com base nessa definição simples, são apresentados vários conceitos importantes. Primeiramente, na própria definição está a palavra troca. O consumidor reside inevitavelmente em uma das extremidades de um processo de troca, no qual recursos são transferidos entre duas partes (MOWEN; MINOR, 2003).

Quando se considera o processo de troca é importante analisar o que leva um indivíduo a dar um recurso próprio a fim de receber outro.

Os recursos trocados podem ter finalidades sociais, políticas, econômicas, culturais e podem ser classificados em diferentes categorias como: sentimentos, status, informações, moedas, produtos e serviços.

Segundo (MOWEN; MINOR, 2003) as relações de troca envolvendo os consumidores podem ser classificadas em quatro tipos, restritas ou complexas, internas ou externas, formais ou informais e relacionais ou transacionais:

- as trocas restritas se referem às interações recíprocas entre apenas duas partes envolvidas enquanto que as trocas complexas fazem referência às interações entre três ou mais partes em um conjunto de relações mútuas, por exemplo, uma fábrica produz um produto que é distribuído para lojas que vendem ao consumidor. Nesta relação cada uma das partes depende da outra para obter os recursos;
- as trocas internas ocorrem dentro de um determinado grupo, já as trocas externas acontecem nas relações de troca entre partes de grupos distintos;
- as trocas formais acontecem quando o processo de troca implica na utilização de contrato escrito ou verbal. Normalmente as trocas formais ocorrem em trocas externas. As trocas informais ocorrem freqüentemente em trocas internas, pois geram contratos sociais não escritos entre as partes. Este tipo de troca normalmente representa as relações pessoais;
- nas trocas transacionais uma única e breve interação é realizada, ou seja, não resulta em nenhum tipo de relação entre as partes, somente se paga um valor por uma mercadoria. Por outro lado, nas trocas relacionais as relações sociais têm um papel fundamental, pois caracterizam transações com comprometimento de longo prazo e de confiança.

As trocas nas quais as relações sociais entre consumidor e produtor complementam o valor do produto aumentando o valor do produto na troca são conhecidas como mercado embutido. O conforto, o costume, a preferência, o bom atendimento podem ser critérios cruciais na hora do consumidor escolher com quem realizar as trocas, mesmo que para usufruir de suas escolhas ele pague um valor mais alto.

6.1 Um Modelo Síntese do Comportamento do Consumidor

Um modelo síntese do comportamento do consumidor descrito por (MOWEN; MINOR, 2003), Fig. 6.1, fornece um resumo do amplo assunto de comportamento do consumidor. Conforme pode ser observado na figura, o modelo do comportamento do consumidor possui cinco componentes básicos que formam as principais áreas de estudo do assunto: a unidade compradora, o processo de troca, a estratégia do vendedor e os influenciadores do ambiente.

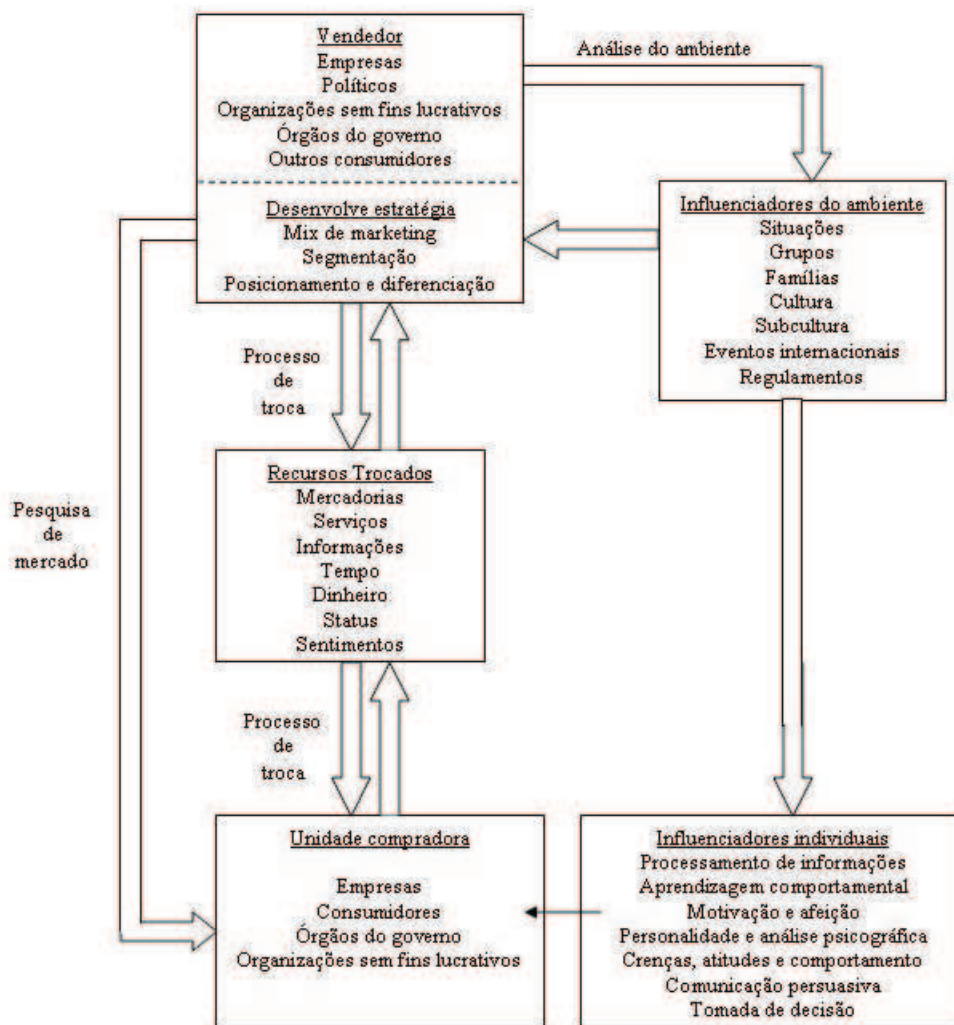


Figura 6.1: Diagrama do Processo de Troca (MOWEN; MINOR, 2003)

As unidades compradoras podem ser formadas de um indivíduo, um grupo ou uma empresa que decide por fazer compras e estão ligadas ao vendedor através de uma relação de troca. As unidades compradoras descritas neste modelo representam os clientes de produtos, serviços, experiências e idéias oferecidas pelos profissionais de marketing.

O vendedor apresentado no modelo síntese do comportamento do consumidor pode ser uma empresa que vende um produto ou serviço, uma organização sem fins lucrativos, um órgão do governo, um candidato político ou outro consumidor que deseja vender ou comercializar algo. O objetivo do vendedor é de realizar trocas com os consumidores por meio de estratégias de marketing com a finalidade de estabelecer clientes fiéis visando lucro a longo prazo.

Os influenciadores individuais representam o processo psicológico individual que afeta os consumidores envolvidos no processo de troca, ou seja, na aquisição, no consumo e na disposição de mercadorias, serviços e experiências.

Os influenciadores do ambiente representam os fatores externos ao indivíduo e que influenciam o processo de tomada de decisão de consumidores individuais, tomadores de decisão e vendedores.

6.2 Processo de Tomada de Decisão do Consumidor

O processo de compra tem início quando o consumidor percebe que existe um problema, uma necessidade que deve ser resolvida.

O comportamento do consumidor é influenciado por fatores culturais, sociais, psicológicos e pessoais. Sua decisão de compra desenvolve-se então por uma série de etapas do processo decisório do consumidor (SAMARA; MORSCH, 2005):

- reconhecimento da necessidade - o processo de decisão de compra tem início com o reconhecimento de uma necessidade através de um estímulo interno ou externo, isto é, o consumidor sente a diferença entre o seu estado atual e um estado desejado;
- busca da informação - o consumidor se põe a procurar por informações importantes e relevantes pra alcançar o estado desejado. Esta busca pode ser interna, relacionada à experiências vivenciadas pelo consumidor em outras ocasiões ou externa, como opiniões de outros consumidores, avaliações do produto e propagandas;
- avaliação das alternativas do produto - o consumidor avalia alternativas ao produto desejado de acordo com a satisfação procurada. Os critérios utilizados podem ser preço, desempenho, garantia, design, entre outros;
- avaliação das alternativas de compra - o consumidor decide por onde comprar o produto, ou ainda de quem comprar o produto, levando em consideração preferências, facilidades, conveniência, etc.;
- decisão de compra - o consumidor faz a sua escolha e efetiva a compra com base nas etapas anteriores. O ato da compra abrange três subetapas, como a identificação da alternativa preferida, a intenção de compra e a implementação da compra;
- comportamento pós compra - de acordo com a expectativa do consumidor e do desempenho percebido do produto, o consumidor pode obter satisfação ou não com a compra.

As etapas do processo de decisão do consumidor podem ser observadas na Fig. 6.2 (SAMARA; MORSCH, 2005):



Figura 6.2: Processo de Decisão de Compra (SAMARA; MORSCH, 2005)

Além das etapas descritas anteriormente, o processo de decisão do consumidor também compreende o envolvimento do consumidor na compra. O envolvimento do consumidor engloba alguns fatores como psicológicos, socioculturais e situacionais. Refere-se ao nível de preocupação e cuidado do consumidor relativo à compra, situando o grau em que uma compra está relacionada ao ego ou ao valor. O processo de decisão do consumidor e o envolvimento estão intimamente relacionados. Como o envolvimento pode ser baixo ou alto, a tomada de decisão do consumidor poderá ser relativamente passiva ou muito ativa, sempre afetada pelos fatores que influenciam o comportamento do consumidor, como mostra a Fig. 6.3 (SAMARA; MORSCH, 2005):

6.3 Formação do Comportamento

Conforme apresentado, o processo de aquisição de um produto começa por uma motivação, que conduz a uma necessidade de se transformar o estado atual no estado desejado.

Logo, a necessidade desperta um desejo que representa este estado que o consumidor quer atingir, seja a compra de um produto ou a contratação de um serviço.

Para atingir seu objetivo e avaliar a aquisição, o consumidor deve levar em consideração as suas crenças a respeito do mercado.

As crenças do consumidor provêm da aprendizagem cognitiva e representam o conhecimento e as conclusões que o consumidor tem sobre objetos, que podem ser produtos, pessoas, empresas e coisas a respeito das quais as pessoas apresentam opiniões e atitudes, os atributos dos objetos que são seus aspectos ou características e os benefícios que estes



Figura 6.3: Envolvimento do Consumidor na Compra (SAMARA; MORSCH, 2005)

objetos proporcionam ao consumidor, ou seja, os resultados positivos obtidos com o objeto. As crenças emergem diretamente das atividades de processamento de informação e aprendizagem cognitiva do consumidor (MOWEN; MINOR, 2003).

O comportamento do consumidor é formado por todas as ações realizadas pelos consumidores que estejam relacionadas à aquisição, ao descarte e ao uso de produtos e serviços. Porém, antes de fazer uma ação, os indivíduos devem desenvolver intenções comportamentais relativas à probabilidade que têm de adotar esse comportamento. As intenções são definidas como as expectativas de se comportar de determinada maneira em relação à aquisição, ao descarte e ao uso de produtos e serviços (MOWEN; MINOR, 2003). Assim, o consumidor pode ter a intenção de procurar informação sobre um produto, adquirir um produto ou descartar um produto.

A descoberta de uma necessidade e conseqüentemente o despertar de um desejo, assim como as crenças e intenções sobre o produto estão fortemente ligadas à percepção de mercado do consumidor, ou seja, da sua interpretação sobre o ambiente.

6.4 Observações Finais

Assim como o comportamento do consumidor pode ser descrito pela Teoria do Consumidor com base em análises de demanda, o comportamento do produtor pode ser descrito pela Teoria da Firma e pela Teoria das Organizações, desde que, este seja visto não de maneira individual, mas como se fosse uma organização.

7 TEORIA DA FIRMA

A Teoria da Firma apresenta conceitos e modelos de empresas que explicam e prevêem suas estruturas e comportamentos. A Teoria econômica da firma se concentra principalmente na previsão do comportamento das empresas em mercados externos (GRANT, 1996).

A Teoria da Firma, também conhecida como Teoria da Produção, abrange questões relativas aos fatores envolvidos na produção, nos custos da produção e nos rendimentos da empresa.

A Teoria da Produção desempenha pelo menos dois papéis extremamente importantes: o primeiro deles é servir de base para a análise das relações existentes entre produção e custos de produção; o segundo é servir de apoio para analisar a demanda da firma relativamente aos fatores de produção que utiliza, isto é, a teoria da produção estabelece os fundamentos para a análise da demanda da firma pelos fatores de produção (PINHO; VASCONCELOS; AL., 2006).

Podemos utilizar a Teoria da Firma para definir o comportamento do produtor desde que este seja tratado como um elemento singular.

Para a análise do mercado o produtor deve considerar as suas crenças a respeito de suas interações e dos produtos no mercado. Crenças sobre o valor do produto, o lucro que pode ser adquirido sobre o valor do produto, demanda e oferta de mercado, valor de produtos iguais ou similares no mercado devem ser consideradas para a avaliação das trocas econômicas.

A necessidade de venda e produção determina o desejo do produtor. Em geral, o principal desejo do produtor é o de obter lucro através da venda de seus produtos ou serviços. Mas pode se considerar também o desejo de manter clientes fiéis, realizar parcerias com outros produtores, vender todo um estoque de um produto, entre outros.

As intenções são as ações de produção e/ou venda realizadas pelo produtor com a finalidade de atingir seus objetivos. Pode ser desde uma oferta para um possível consumidor como uma estratégia de marketing que atinja vários consumidores, por exemplo.

O objetivo de produção tem dois componentes principais. O primeiro objetivo é de que a produção não varie mais do que uma determinada quantidade de um período para outro. O segundo é o de manter o nível de produção igual ou superior ao nível esperado (COHEN; CYERT, 1975).

7.1 Alocação de Recursos

A Teoria da Firma se concentra na instituição mais importante do sistema econômico, a firma, e na função mais importante do sistema econômico, a alocação de recursos.

Um recurso econômico pode ser tanto um bem como um serviço que é avaliado pelo consumidor de acordo com os seus objetivos, quanto um elemento que é usado na produção de bens ou serviços para os consumidores.

Como os recursos econômicos são escassos, cada sociedade deve conceber um sistema de alocação destes recursos, devendo então, realizar quatro funções básicas (COHEN; CYERT, 1975).

Primeiro, decidir quais bens e serviços devem ser produzidos. Como os recursos são escassos uma sociedade deve produzir uma quantidade limitada de produto. Cada economia deve determinar exatamente o que deve ser produzido e em que quantidade.

Segundo, cada sociedade deve determinar como estes produtos e serviços serão produzidos, quais métodos e recursos serão utilizados na produção. O método mais eficiente na produção de um bem pode ser diferente de sociedade para sociedade, dependendo da disponibilidade de recursos e de costumes locais.

Terceiro, cada sociedade deve determinar quem consumirá os bens e serviços que são produzidos. Como os recursos são escassos, alguns podem consumir menos do que desejam. Também, alguns consumidores podem necessitar de uma quantidade menor de um produto e outros de uma quantidade maior do mesmo produto.

Finalmente, cada sociedade deve decidir quanto de seus recursos econômicos devem ser dedicados à produção futura e o quanto destes recursos devem ser utilizados para satisfazer desejos atuais.

7.2 Tomada de Decisão

O problema de decisão ocorre somente quando existem pelo menos duas alternativas diferentes de ações a serem escolhidas pelo agente econômico que podem derivar diferentes resultados. Então a função de lucro determina o resultado que o agente deseja de acordo com as suas preferências.

Quando um agente econômico se depara com um problema de decisão, os seguintes elementos se fazem presentes (COHEN; CYERT, 1975):

- (a) existe um conjunto de duas ou mais alternativas possíveis de comportamento que representam uma série de diferentes decisões que um agente econômico pode conceber
- (b) existe um conjunto de duas ou mais alternativas de comportamento que o agente econômico efetivamente considera. Essas alternativas serão geralmente descobertas como resultado evidente sobre a busca do agente pelo seu comportamento. A busca pelo comportamento pode resultar em apenas um subconjunto do conjunto de possíveis alternativas do comportamento especificado em (a), embora em alguns problemas de decisão, o conjunto de alternativas de comportamento realmente considerado possa coincidir com o conjunto de alternativas possíveis de comportamento
- (c) existe um conjunto de dois ou mais possíveis estados de negócios futuros que representam possíveis resultados que podem derivar das ações econômicas do agente de

acordo com suas decisões

- (d) existe uma função de lucro que representa a utilidade que o agente econômico deposita sobre cada possível estado de negócios futuros. Esta utilidade coloca uma ordem neste conjunto de estados futuros
- (e) o agente econômico possui um certo grau de informação sobre qual dos resultados possíveis pode realmente ocorrer se ele escolher uma alternativa particular. Esta informação pode ser completa no caso de as alternativas corresponderem a um único resultado, ou incompleta no caso de, pelo menos, uma alternativa corresponder a dois ou mais resultados. Quando esta informação é incompleta, pode-se obter informações sobre a probabilidade de um resultado particular ocorrer se o agente selecionar determinada alternativa.

7.2.1 Antecipações e Planos na Tomada de Decisão

As variáveis econômicas podem ser classificadas em dois tipos diferentes: variáveis *ex ante* e variáveis *ex post*.

As variáveis *ex ante* representam a antecipação de ações futuras dos agentes econômicos ou a antecipação de estados futuros do ambiente. Em contraste, as variáveis *ex post* representam as ações atuais dos agentes econômicos ou estados atuais do ambiente (COHEN; CYERT, 1975).

As variáveis *ex ante* representam expectativas subjetivas enquanto as variáveis *ex post* representam realizações objetivas.

Variáveis *ex ante* podem ser classificadas como (a) antecipações ou previsões e (b) decisões e planos. Antecipações estão relacionadas com estados futuros das variáveis que não são controladas diretamente pelo agente. Estas variáveis incluem previsões de preços, condições de demanda, disponibilidade de trabalho, população, atividades gerais de negociação, etc. Decisões e planos estão relacionados às ações futuras do agente, eles incluem planejamento de produção, orçamentos, programas de investimento, etc (COHEN; CYERT, 1975).

7.3 Objetivos

Uma lista de cinco objetivos que devem ser satisfeitos é descrita por (CYERT; MARCH, 1963).

- **OBJETIVO DE PRODUÇÃO:** a operação de produção de uma organização possui diversos objetivos, onde se destacam dois objetivos principais. O primeiro é um objetivo de suavização da produção para garantir que a produção não varie muito de um período para outro. O segundo é o objetivo de nível de produção que possui a finalidade de igualar ou exceder um nível de produção pré-determinado. Os objetivos de produção representam em grande parte a demanda de mercado.
- **OBJETIVO DE INVENTÁRIO:** este objetivo visa inventariar os materiais utilizados na fabricação de bens, assim como, a quantidade de bens produzidos.
- **OBJETIVO DE VENDA:** o objetivo de venda assume que a firma deve vender os bens e serviços por ela produzidos para sobreviver no mercado. Representa o nível de vendas que a firma deseja atingir e pode ser medido em moeda ou unidades

vendas. Os resultados atingidos por meio destes objetivos são absolutamente relevantes à tomada de decisão relativa a estratégias de venda.

- **OBJETIVO DE MERCADO:** é uma alternativa ao objetivo de venda na medida em que a preocupação é mensurar as vendas efetivadas.
- **OBJETIVO DE LUCRO:** este objetivo está ligado a procedimentos que determinam lucros e perdas. Estes lucros podem ser posteriormente distribuídos em capital de investimentos, divididos entre acionistas, pagamentos a credores, aumento de orçamento para subunidades, etc.

7.4 Modelo de um processo de tomada de decisão

Um modelo parcial de tomada de decisão que resume, de certo modo, algumas implicações dos conceitos de objetivos e expectativas de uma firma é especificado por (CYERT; MARCH, 1963) em nove passos.

1. Previsão do comportamento da concorrência: assume que uma firma antecipa reações de seus concorrentes no mercado. Reflete o modo como as organizações recebem, analisam e comunicam informações sobre seus concorrentes.
2. Previsão de demanda: o modelo inclui estimativas do modo como a curva de demanda se ajusta ao mercado com base no histórico do mercado.
3. Custo estimado: o modelo não assume que a firma atingiu a melhor combinação de recursos e o menor custo por unidade na produção. Fatores introduzidos durante as interações afetam as estimativas de custos da firma.
4. Especificar objetivos: os objetivos podem ser distinguidos em dois pontos. O primeiro consiste de objetivos que a firma deseja ativar e que é utilizado para determinar pelo menos um plano, restrito no modelo pelo objetivo de lucro. Segundo, os objetivos devem ser utilizados como critério de decisão.
5. Avaliar os planos: com base nos passos 1, 2 e 3 alternativas são examinadas para saber se existe pelo menos uma alternativa que satisfaça os objetivos definidos no passo 4.
6. Reavaliar custos: o modelo especifica que a falha ao executar um plano resulta numa reavaliação de estimativas.
7. Reavaliar demanda: a demanda é analisada para saber se uma demanda mais favorável pode ser obtida de acordo com estimativas do mercado.
8. Reavaliar objetivos: quando os planos forem desfavoráveis uma tendência de revisar os objetivos é esperada.
9. Selecionar alternativa: a organização requer um mecanismo (a) para gerar alternativas a serem consideradas e (b) para escolher entre estas alternativas geradas. O método pelo qual estas alternativas são geradas é de considerável importância, pois afeta a ordem em que elas serão avaliadas. Se as alternativas geradas são estritamente sequenciais, a fase de escolha é bem simples: escolher a primeira alternativa

que satisfaz os objetivos. Se mais de uma alternativa é gerada ao mesmo tempo, é necessário um processo de escolha mais complicado, por exemplo, regras de maximização.

7.5 Observações Finais

Diversos conceitos pertinentes à elaboração do modelo de agente econômico proposto neste trabalho foram explorados nos capítulos anteriores.

O modelo de agente econômico cognitivo com comportamento de produtor e consumidor será apresentado a seguir.

8 UM MODELO DE AGENTE ECONÔMICO COGNITIVO E SUAS INTERAÇÕES ECONÔMICAS

Neste capítulo serão apresentados os principais aspectos envolvidos na modelagem de um agente econômico cognitivo, com comportamento de produtor e de consumidor, com base no conceito de agentes BDI, assim como, a estrutura do modelo e das interações econômicas entre os agentes.

8.1 Modelo Geral de um Agente Econômico Cognitivo

O modelo de agente econômico cognitivo apresentado neste trabalho visa a definição de um agente capaz de realizar interações econômicas em um mercado de agentes econômicos e que tenha capacidade de produção e de consumo de produtos. Portanto, o agente econômico apresenta comportamento tanto de consumidor quanto de produtor e atua com ambos os comportamentos de acordo com as suas necessidades.

O agente econômico cognitivo deve ser capaz de analisar as suas necessidades para tomar as suas decisões. Para a avaliação e tomada de decisão o agente econômico cognitivo é baseado no conceito de agentes BDI, onde as crenças, desejos e intenções, são analisados para o comportamento de consumidor (de acordo com a Teoria do Consumidor) e de produtor (conforme a Teoria da Firma), a fim de modelar o comportamento do agente econômico.

A proposta de um agente que apresente ambos os comportamentos se justifica pelo fato de que, em um mercado, um indivíduo, em determinados momentos, necessite consumir serviços ou recursos e, em outros momentos, ele necessite produzir serviços ou recursos.

Por exemplo, um produtor para produzir determinado bem necessita consumir determinada matéria prima, assim como o consumidor para poder consumir determinado bem necessita realizar serviços para receber pagamentos e formar um orçamento.

O modelo do agente econômico cognitivo proposto, que engloba os comportamentos de consumidor e de produtor, pode ser observado na Fig. 8.1. Estudos realizados sobre o comportamento do consumidor em um mercado são utilizados para determinar como um consumidor interage e toma decisões de acordo com as suas necessidades de consumo. O comportamento de produtor do agente econômico cognitivo é determinado pela Teoria da Firma.

O ambiente aqui analisado é o de um mercado onde podem ser observadas as

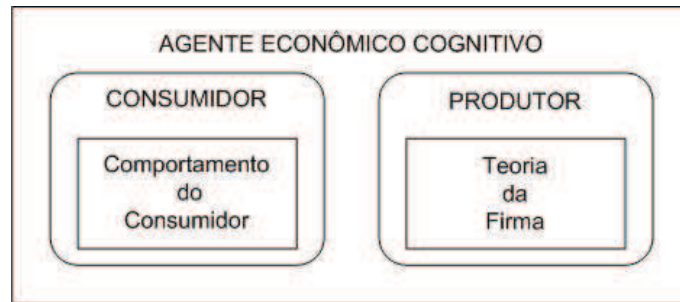


Figura 8.1: Modelo de um agente econômico cognitivo

trocas e interações entre os agentes econômicos. Estas ocorrem de acordo com a análise que o agente faz de alguns aspectos como a necessidade, a utilidade e o valor de um produto.

O objetivo de um agente econômico cognitivo é considerado um objetivo de manutenção (DUFF; HARLAND, 2008). Um objetivo de manutenção define um estado que o agente quer manter como verdadeiro. No caso dos agentes econômicos cognitivos o objetivo geral é o de se manter sempre no mercado econômico realizando trocas com outros agentes econômicos.

Neste trabalho, na modelagem das trocas econômicas realizadas entre os agentes é considerado somente o valor em moeda, pois define bem a modelagem de trocas de caráter econômico.

Em um sistema de trocas econômicas, o modelo básico é o das trocas imediatas, onde se troca produtos por moeda. Os próprios agentes avaliam e regulam a quantidade e o preço do produto no mercado. O modelo de trocas imediatas tem duas versões:

- escambo, que é a troca imediata de produto por produto
- troca imediata econômica, que é a troca imediata de produto por moeda

Quando a troca econômica é do tipo diferida, trabalha-se com valores virtuais na forma do crédito/débito e envolve a questão do juro. No modelo proposto neste trabalho serão consideradas somente as trocas econômicas imediatas.

Para o consumidor, os valores associados às trocas são relacionados ao seu investimento monetário para comprar o produto e a satisfação que terá na utilização deste.

Os valores associados às trocas por parte do produtor dizem respeito ao investimento feito por ele para produzir o produto, ou seja, o custo de produção, e a satisfação em vender este produto.

A Tabela 8.1 mostra um comparativo de acordo com os estados mentais (crenças, desejos e intenções) do modelo geral de um agente econômico cognitivo, de acordo com o comportamento de consumidor e de produtor. Este comparativo apresenta os principais pontos, referentes aos estados mentais, de um possível mercado de agentes econômicos.

Um comparativo semelhante explicitando as principais características referentes aos estados mentais do modelo de mercado específico simulado neste trabalho será apresentado na Seção 8.3.2.

Tabela 8.1: Comparativo das características do agente conforme o comportamento

Comportamento	Consumidor	Produtor
Crenças	necessidade, conhecimento e benefícios que o consumidor tem sobre o produto e conhecimento de mercado	valor e lucro sobre o produto e conhecimento de mercado
Desejos (Eventos)	adquirir produto para satisfazer uma necessidade por um bom preço	obter lucro com a venda, manter clientes, realizar parcerias, vender produto em estoque
Intenções (Planos)	objetivos em relação à aquisição, ao descarte e ao uso de produtos e serviços	ações de produção e/ou venda, oferta e marketing

8.2 Aspectos da Modelagem de um Agente Econômico Cognitivo

A modelagem de um agente econômico cognitivo pode ser subdividida em modelos específicos (subcategorias) de acordo com os principais aspectos envolvidos na sua concepção.

A subdivisão do modelo de agente econômico cognitivo em modelos específicos pode ser observada na Fig. 8.2.

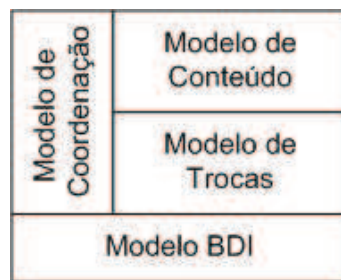


Figura 8.2: Aspectos da modelagem de um agente econômico cognitivo

O Modelo de Conteúdo define o aspecto geral, o tema envolvido na interação entre os agentes. Neste caso, o Modelo de Conteúdo é especificado pela Microeconomia. Aqui, são consideradas as definições sobre o mercado no qual os agentes realizam as suas interações, a demanda e a oferta de cada agente e a necessidade, a utilidade e o valor associados ao produto, entre outros critérios apresentadas no Capítulo 4.

O Modelo de Trocas é definido pelo tipo de trocas que serão realizadas entre os agentes. No caso dos agentes econômicos cognitivos as trocas são do tipo econômicas onde o agente possui valores associados a estas trocas. Quando o agente econômico corresponde ao comportamento de produtor, os valores associados às trocas dizem respeito ao investimento realizado para produzir o produto (custo de produção) e à satisfação em vender este produto. Quando o agente econômico corresponde ao comportamento de consumidor, os valores associados às trocas são relacionados ao investimento em moeda do consumidor para adquirir o produto e à satisfação que terá na utilização do mesmo. O modelo de trocas econômicas está descrito com mais detalhes no Capítulo 3.

O Modelo de Coordenação define os aspectos e as considerações envolvidas na coordenação das interações entre os agentes quando estes estão realizando negociações em um mercado econômico. A coordenação é um quesito importante a ser tratado para que não ocorram conflitos, por exemplo, na troca de mensagens entre os agentes, para que estes não possuam informações desencontradas ou errôneas em sua tomada de deci-

são. Neste trabalho, a coordenação das atividades se dá de forma indireta entre os agentes econômicos, quando utilizados planos de respostas, por exemplo, e de forma direta quando a coordenação é realizada através do agente controlador. Esta coordenação entre os agentes será explicada com mais detalhes na próxima seção deste capítulo.

O Modelo de Agentes BDI define os estados mentais dos agentes (crenças, desejos e intenções), fundamental para a deliberação e a tomada de decisão. O Modelo de Agentes BDI está descrito no Capítulo 5.

A divisão dos principais aspectos envolvidos na modelagem de um agente econômico cognitivo se faz fundamental para que se possa adaptar este tipo de modelagem para outros tipos de simulações sociais com agentes cognitivos, como política, filosofia, cultura, etc. Por exemplo, a modelagem pode ser adaptada para simulações políticas, onde o Modelo de Conteúdo pode ser definido pelas Ciências Políticas e o Modelo de Trocas definido pela troca de ideologias que podem ser assimiladas ou não por outros tipos ou grupos políticos.

8.3 Estrutura das Trocas

As simulações de um mercado foram realizadas com quatro agentes econômicos cognitivos, possuindo comportamentos tanto de produtores quanto de consumidores, onde existe a possibilidade de cada agente realizar negociações com todos os outros agentes presentes no mercado.

Em um mercado, o consumidor procura e adquire produtos do produtor e realiza pagamentos pelas mercadorias adquiridas, enquanto o produtor vende produtos ao consumidor, recebendo o pagamento pela venda. Este conceito básico de mercado pode ser analisado no Capítulo 4, Fig. 4.1.

Na simulação de um mercado com agentes econômicos cognitivos que apresentem comportamento tanto de consumidor quanto de produtor, esta troca de produtos por moeda pode ser analisada de acordo com as relações econômicas entre estes comportamentos. Um esquema exemplificando este modelo de trocas com dois agentes econômicos cognitivos pode ser analisado a seguir na Fig. 8.3.

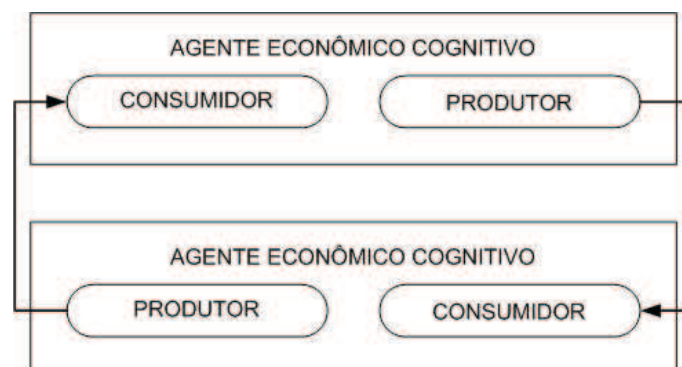


Figura 8.3: Esquema de relações entre dois agentes em um mercado

Um esquema geral com as possíveis relações entre os quatro agentes presentes na simulação de um mercado podem ser observadas na Fig. 8.4.

Com a finalidade de regular e ordenar as negociações e as trocas entre os agentes econômicos cognitivos, as interações são realizadas de forma que um agente sempre

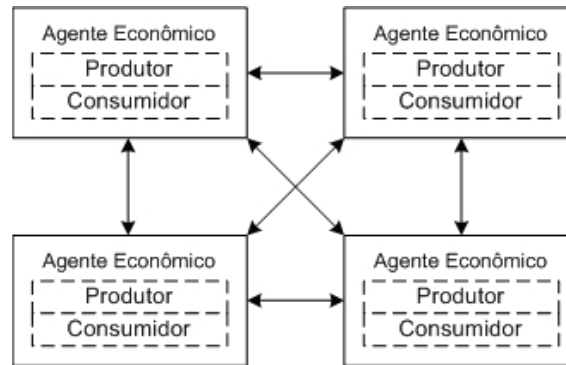


Figura 8.4: Esquema geral de relações entre quatro agentes em um mercado

desempenhe um papel central na negociação. Dependendo do comportamento utilizado pelo agente que desempenha o papel central na negociação, pode-se ter um período de produção ou um período de consumo.

Um período de produção designa um determinado número de ciclos em que o agente central da negociação age de acordo com o seu comportamento de produtor, neste caso, os demais agentes no mercado reagem de acordo com os respectivos comportamentos de consumidores, sendo agentes periféricos na negociação. Um exemplo de período de produção pode ser observado na Fig. 8.5.

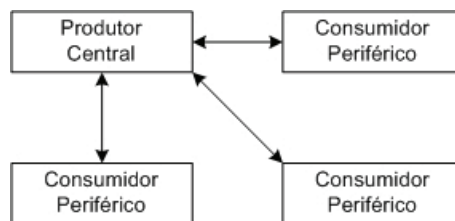


Figura 8.5: Período de produção

De forma análoga, um período de consumo ocorre quando, por um determinado número de ciclos, o agente central da negociação age de acordo com o seu comportamento de consumidor enquanto os demais agentes no mercado reagem de acordo com os respectivos comportamentos de produtores, desempenhando papéis de agentes periféricos na negociação. Um exemplo de período de consumo pode ser observado na Fig. 8.6.

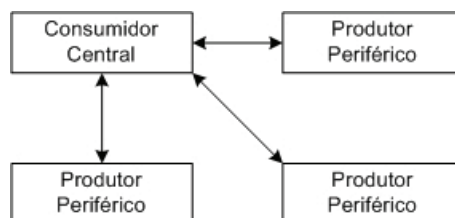


Figura 8.6: Período de consumo

8.3.1 Papéis Econômicos e os Arranjos de Negociação

A forma geral de negociação é centralizada em um agente econômico, sendo os demais agentes presentes no mercado considerados periféricos à negociação, como ex-

plicitado na seção anterior. Desta forma, em um período de produção o agente central é o produtor, enquanto os consumidores são periféricos, ao passo que, em um período de consumo o agente central é o consumidor enquanto os produtores são periféricos.

Para melhor definir os comportamentos dos agentes econômicos em cada situação, estes são nomeados de acordo com as suas atribuições nos seguintes papéis:

- Produtor Central
- Produtor Periférico
- Consumidor Central
- Consumidor Periférico

Uma vez que as simulações são realizadas com quatro agentes econômicos cognitivos, para um período de produção são possíveis quatro diferentes arranjos de negociação, como pode ser observado na Fig. 8.7, onde os agentes são denotados por A, B, C e D.

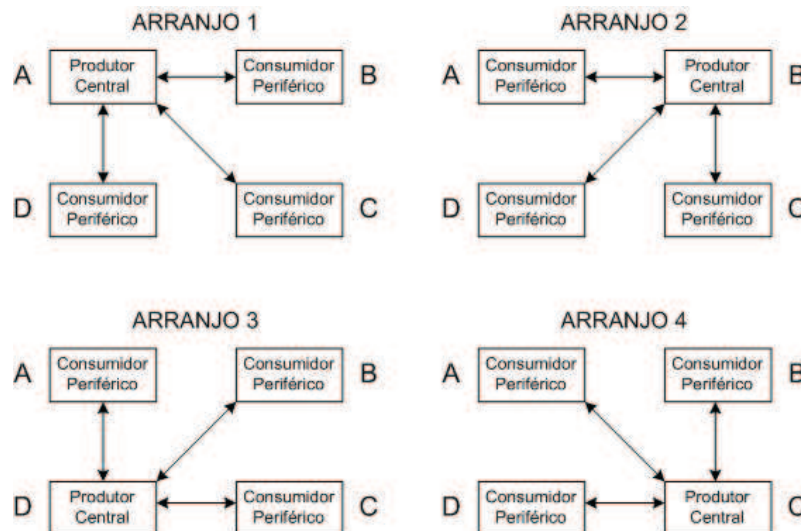


Figura 8.7: Possíveis arranjos de produção

Como cada agente apresenta ambos comportamentos, para um período de consumo também existem quatro arranjos de negociação que podem ser simulados com estes quatro agentes, como exibido na Fig. 8.8.

A fim de organizar a troca de informações, ou seja, para garantir a coordenação na troca de informações entre os agentes, as simulações foram realizadas com a presença de um quinto agente, chamado de agente controlador. O agente controlador representa o sistema de negociações dos agentes no mercado, definindo, por exemplo, o tipo de negociação de cada período, o papel de cada agente a cada período, a coordenação das atividades entre os agentes, entre outros.

8.3.2 Estados Mentais dos Papéis Econômicos

O modelo da simulação de um mercado com agentes econômicos cognitivos tendo por base o conceito de agentes BDI pode ser analisado sobre dois pontos diferentes: o agente e o sistema.

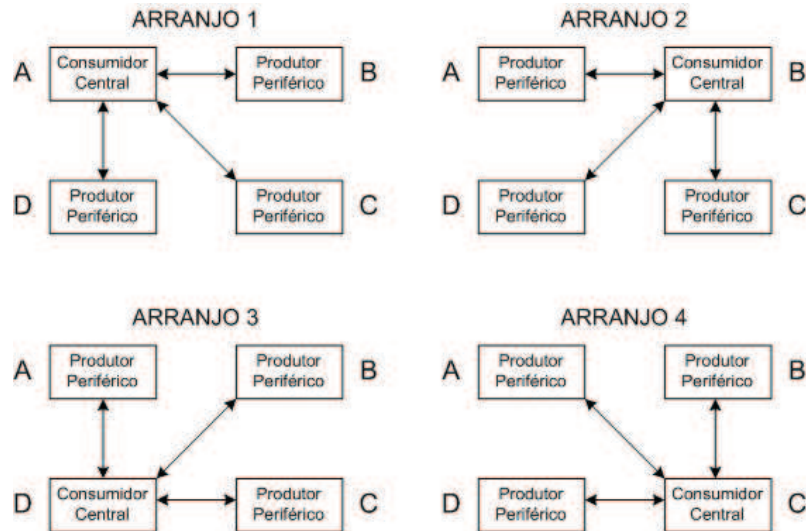


Figura 8.8: Possíveis arranjos de consumo

Do ponto do agente, pode-se definir e analisar os estados mentais para os quatro papéis de agentes econômicos, o produtor central, o produtor periférico, o consumidor central e o consumidor periférico.

O sistema de negociações dos agentes é representado na simulação pelo agente controlador, visto que ele define os papéis de cada agente econômico influenciando suas decisões econômicas. Pelo fato de o agente controlador também ser baseado no conceito de agentes BDI, pode-se da mesma forma definir e analisar os seus estados mentais.

Como a simulação tem em sua base aspectos de modelos específicos de modelagem, estes estados mentais podem ser classificados de acordo com três características: as considerações econômicas, as trocas e a coordenação.

Nas considerações econômicas estão inseridas todas as informações referentes ao conteúdo econômico, como funções de oferta e demanda, necessidade e moeda.

Nas trocas estão inseridos todos os itens que são efetivamente trocados entre os agentes, como produto e moeda.

Na coordenação estão inseridas todas as informações importantes para manter o funcionamento do sistema, como protocolos e formas de interação.

A Fig. 8.9 mostra a modelagem da simulação sobre estas três características.

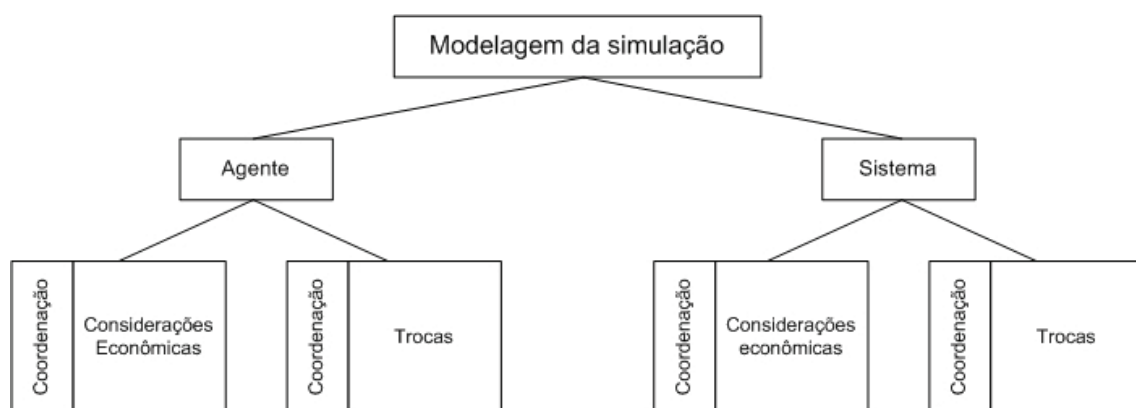


Figura 8.9: Modelagem da simulação

Os principais aspectos envolvidos na simulação referentes à estas três características para os agentes e o sistema podem ser comparados na Tabela 8.2.

Tabela 8.2: Comparativo dos aspectos da modelagem da simulação

Aspecto	Agente	Sistema
Considerações econômicas	Funções de oferta e demanda, quantidade de moeda, necessidade; Controle de estoque, pedidos, produção, preços; Demandar de acordo com suas necessidades; Ofertar de acordo com a sua produção; Deliberar sobre o mercado (efetivar ou não uma negociação)	Controle sobre o tipo de negociação; Controle sobre o arranjo de negociação
Trocas	Troca de moeda e produto; Troca de informação (sobre preços e pedidos)	Troca de informação sobre os papéis
Coordenação	Utilização dos planos de resposta (coordenação indireta); Envio de pedidos e propostas; Respostas de fim de ciclo/período	Controle sobre avisos de fim de ciclo/período (coordenação direta); Desencadear o início das negociações; Controle sobre o agente que deve negociar no ciclo

A partir da análise dos principais aspectos envolvidos na simulação, a definição dos estados mentais para os papéis dos agentes econômicos pode ser realizada para os agentes e o sistema, como pode ser observado na Tabela 8.3.

A análise dos estados mentais do agente controlador, que representa o sistema de negociações do mercado, pode ser observada na Tabela 8.4.

8.4 Observações Finais

O esquema da simulação de um mercado econômico, onde é possível analisar de forma mais completa o comportamento e as interações dos agentes econômicos cognitivos, será apresentado a seguir. Assim como os parâmetros utilizados e os resultados obtidos através destas simulações.

Tabela 8.3: Estados mentais dos papéis econômicos

Comportamento	Produtor Central	Produtor periférico	Consumidor Central	Consumidor Periférico
Crenças	Função de oferta; Moeda; Número de agentes no mercado; Demanda de mercado (pedido total); Número de consumidores periféricos; Quantidade atual de produto produzida; Número de respostas obtidas dos consumidores periféricos após análise de proposta de preço; Número de respostas de aceitação de negociação por parte dos consumidores periféricos; Número de respostas de recusa de negociação por parte dos consumidores periféricos	Função de oferta; Moeda; Número de agentes no mercado; Quantidade atual de produto produzida	Função de demanda; Moeda; Número de agentes no mercado; Necessidade mínima de consumo por ciclo; Necessidade máxima de consumo por período; Necessidade de consumo do ciclo atual; Quantidade de produto em estoque; Preço proposto pelo produtor periférico 1; Preço proposto pelo produtor periférico 2; Preço proposto pelo produtor periférico 3	Função de demanda; Moeda; Número de agentes no mercado; Necessidade mínima de consumo por ciclo; Necessidade máxima de consumo por período; Necessidade de consumo do ciclo atual; Quantidade de produto em estoque;
Desejos (Eventos)	Vender produtos de acordo com o seu preço de oferta	Vender produtos de acordo com o seu preço de oferta	Adquirir produtos de acordo com a sua necessidade, o seu preço de demanda e o seu orçamento	Adquirir produtos de acordo com a sua necessidade, o seu preço de demanda e o seu orçamento
Intenções (Planos)	Verificar a demanda do mercado; Calcular o preço total da demanda de mercado; Controlar se todos os agentes consumidores periféricos já responderam à análise de proposta de preço; Definir se a negociação será efetivada ou não; Avisar aos consumidores periféricos se a negociação será efetivada ou não	Calcular o preço total da demanda do consumidor central;	Deliberação sobre a sua necessidade; Solicitar o preço referente ao seu pedido; Calcular o preço que está disposto a pagar pelo seu pedido; Analisar a proposta e decidir se aceita ou não a negociação	Deliberação sobre a sua necessidade Solicitar o preço referente ao seu pedido; Calcular o preço que está disposto a pagar pelo seu pedido; Analisar a proposta e decidir se aceita ou não a negociação

Tabela 8.4: Estados mentais do agente controlador

Comportamento	Agente Controlador
Crenças	Controle do número de agentes no mercado; Controle sobre qual agente deve realizar o seu ciclo; Controle sobre o número de ciclos realizados no período; Controle sobre o número máximo de ciclos no período
Desejos (Eventos)	Envio de papéis aos agentes econômicos; Sorteio do tipo de negociação; Sorteio do arranjo de negociação
Intenções (Planos)	Controlar o envio aos agentes econômicos do número de agentes no mercado; Iniciar um ciclo de produção; Finalizar um período de produção; Iniciar um ciclo de consumo; Finalizar um período de consumo; Informar o fim de um ciclo de produção aos agentes econômicos; Informar o fim de um ciclo de consumo aos agentes econômicos; Aviso de atualização de crenças ao fim de um período de produção; Aviso de atualização de crenças ao fim de um período de consumo

9 SIMULAÇÕES REALIZADAS

Neste capítulo será apresentada a estrutura da simulação econômica utilizada para o sistema de negociações e trocas econômicas entre os quatro agentes econômicos cognitivos de acordo com os papéis econômicos de cada comportamento. Da mesma forma, serão descritos os parâmetros utilizados nas simulações para cada agente econômico, bem como os resultados relativos às simulações.

9.1 Etapas da Simulação

Para um melhor entendimento do processo de negociação dos agentes na simulação econômica, o esquema geral da simulação será apresentado dividido em três etapas, a etapa de coordenação, o período de produção e o período de consumo.

A etapa de coordenação representa o início da simulação, onde ocorre a definição do tipo de negociação e dos papéis que cada um dos quatro agentes presentes no mercado vai utilizar, ou seja, a definição do arranjo de negociação.

O período de produção representa a negociação centralizada em um agente que delibera e toma as suas decisões com base em seu comportamento de produtor. Assim como, o período de consumo representa a negociação que tem como elemento central um agente econômico que delibera e toma as suas decisões com base em seu comportamento de consumidor, como visto anteriormente na Seção 8.3.

9.1.1 Etapa de Coordenação

Ao princípio da simulação ocorre uma etapa de coordenação das atividades, iniciada pelo agente controlador. O esquema desta etapa inicial de coordenação das negociações pode ser observado na Fig. 9.1.

O primeiro passo realizado pelo agente controlador é enviar aos agentes econômicos presentes no mercado a informação do número de agentes disponíveis para negociações. Isto faz com que os agentes tenham consciência deste mercado, ou seja, saibam com quantos outros agentes é possível a tentativa de trocas econômicas.

Ao início da simulação, o agente controlador possui um plano para controle do mercado, onde ele deve enviar uma mensagem para o *agente periférico 1* ativar o seu plano de controle de mercado, onde este atualiza a sua crença sobre o número de agentes presentes no mercado. Nota-se que o agente controlador ao enviar a mensagem ao *agente periférico 1* também envia um plano de resposta (denotado por PR).

Os planos de resposta desempenham um papel fundamental na coordenação da

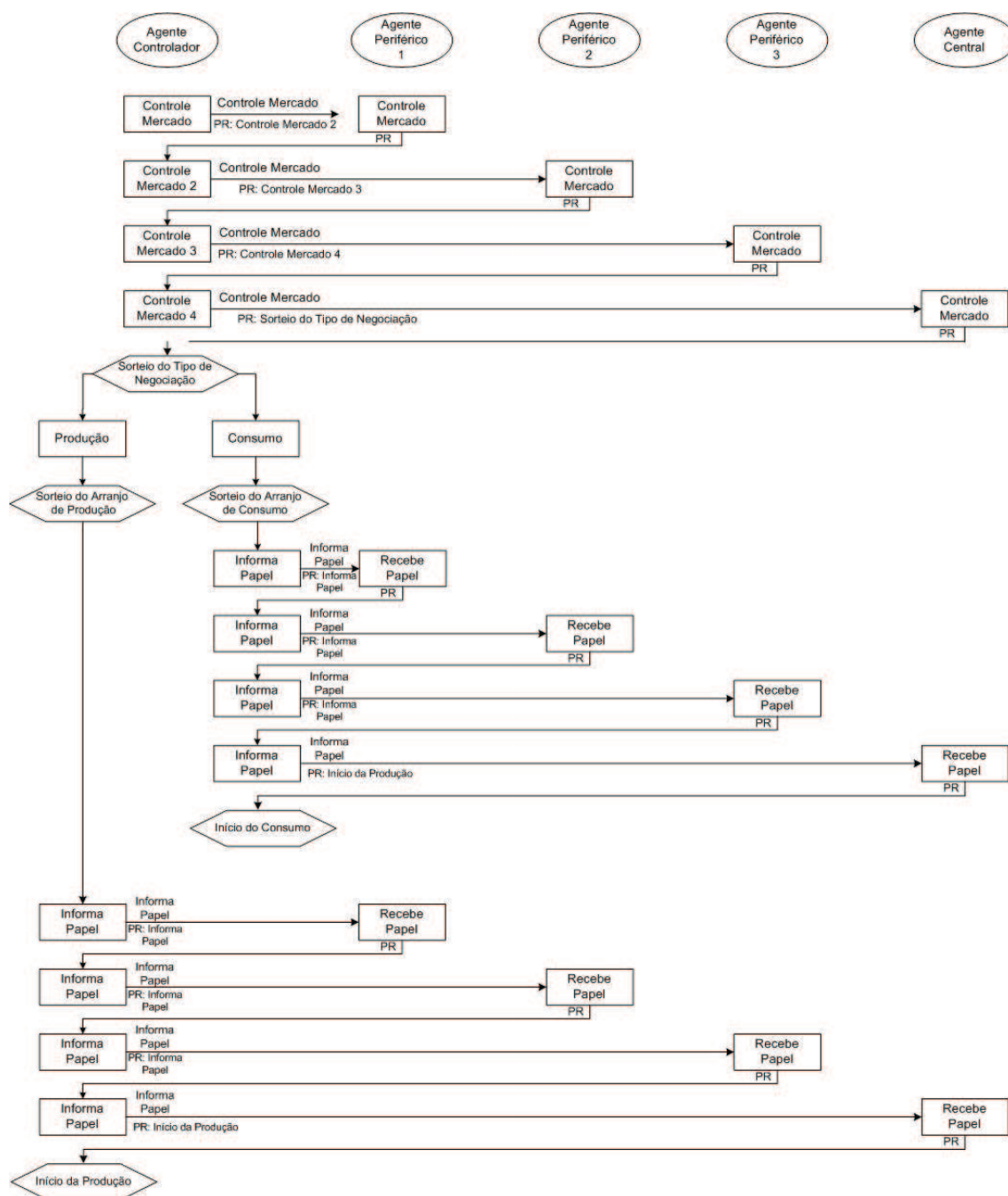


Figura 9.1: Etapa de coordenação

troca de mensagens entre os agentes. Funciona de forma que o agente que envia a mensagem espere pela informação de que o agente que recebeu a mensagem entendeu esta mensagem e já a executou, estando assim, o agente que enviou a mensagem liberado para seguir com o seu próximo plano, definido pelo plano de resposta.

O agente controlador utiliza então os seus planos de controle de mercado até que todos os agentes tenham recebido a informação de quantos agentes econômicos estão disponíveis para negociações.

Após, o agente controlador deve sortear aleatoriamente o tipo de negociação a ser realizada no período, se será um período de produção ou um período de consumo. O sorteio é realizado de forma que cada tipo de negociação tenha cinquenta por cento de chances de ser escolhido.

Depois, o arranjo de negociação deve ser sorteado para definir qual papel cada agente vai desempenhar no período. Como explicado anteriormente, existem quatro possíveis arranjos para cada tipo de negociação. Assim como no sorteio do tipo de negociação, o sorteio do arranjo também é realizado para que todos tenham a mesma chance de ocorrer, neste caso, são vinte e cinco por cento para cada arranjo.

Então, definido o arranjo, o agente controlador dá início ao período de negociação escolhido enviando um informe a cada agente econômico com informações a serem acrescentadas em suas crenças para posteriores consultas em suas bases de crenças. Estas informações dizem respeito: à identificação do papel de cada agente econômico no período, a quantidade inicial de moeda que cada um possui para realizar as suas negociações e também informações sobre as necessidades, para os agentes econômicos que desempenharem papéis de consumidores.

A identificação do papel de cada agente econômico no período é fundamental para que ele possa buscar em sua base de crenças a função econômica que será utilizada, de demanda ou de oferta, dependendo do seu papel.

A quantidade inicial de moeda que cada agente econômico possui para realizar as suas negociações é a única informação que persiste ao longo dos períodos, ou seja, cada agente começa com uma quantidade de moeda e o único modo de alterar este valor é através das negociações. Se o agente realizar trocas com o seu comportamento de produtor, ele vai receber moeda pela venda, se o agente econômico realizar trocas de acordo com o seu comportamento de consumidor, ele vai pagar pela mercadoria adquirida. Este fator pode influenciar as negociações, por exemplo, se o agente econômico não realizar vendas de seus produtos. Este fato pode influenciar o seu poder de consumo, pois pode faltar orçamento para ele adquirir produtos.

A informação sobre as necessidades para os agentes que desempenharem papéis de consumidores é importante, pois está diretamente ligada à quantidade de produto que o agente deseja adquirir. Estes agentes recebem informação sobre a necessidade de consumo por ciclo e também sobre a necessidade de consumo máximo em um período.

A necessidade é tratada da seguinte maneira: a cada ciclo o agente tem a necessidade de consumir um determinado número de unidades de produto. O que significa que, se por algum motivo o agente não conseguir consumir esta quantidade de unidades em um ciclo, essa necessidade é acumulada para o ciclo posterior e assim sucessivamente. Porém o agente possui uma necessidade máxima em um período. Em um período de produção, se algum dos três agentes que estiverem desempenhando os papéis de consumidores periféricos atingirem o limite de consumo, no próximo ciclo será realizado um pedido de zero unidades, sinalizando que não há mais necessidade de consumo. Já em um período

de consumo, sendo o agente central o único consumidor, caso ele alcance o seu limite máximo de consumo ele envia uma mensagem ao coordenador para que seja finalizado o ciclo de negociações corrente e seja iniciado um novo período.

A decisão pela realização de um sorteio aleatório do tipo e do arranjo de negociação se justifica pela possibilidade de observação de um mercado onde os quatro agentes econômicos têm igual probabilidade de desempenhar cada um dos quatro papéis, sendo livres para decidir quando e de quem desejam adquirir produtos ou quando e para quem querem vender produtos.

9.1.2 Período de Produção

O período de produção ocorre quando o agente que desempenha o papel central na negociação corresponde ao comportamento de produtor, enquanto os agentes que desempenham papéis periféricos à negociação correspondem aos respectivos comportamentos de consumidores, como explicado na Seção 8.3.

Um período de produção é formado por ciclos de produção. A cada ciclo de produção negociações com o arranjo de produção definido no período de coordenação são realizadas.

Em um ciclo de produção, cada agente consumidor periférico envia ao agente produtor central a quantidade de produto que deseja adquirir de acordo com a sua necessidade. O agente produtor central, então, calcula o preço para o total de pedidos recebido, ou seja, calcula o seu preço de oferta sobre a quantidade de produto demandada pelo mercado. Então, ele envia aos consumidores periféricos a informação sobre o seu preço de oferta. Com esta informação, cada agente consumidor deve deliberar sobre se quer ou não efetivar a negociação adquirindo a quantidade de produto solicitada, para isto, cada um deve considerar se o preço está de acordo com as suas possibilidades (conforme a sua função de demanda) e também se possui orçamento suficiente para efetivar a compra. De acordo com esta deliberação, cada agente consumidor periférico envia ao agente produtor central a informação sobre se está disposto ou não a efetivar a negociação. O agente produtor central, por sua vez, só dará início a efetivação das trocas se todos os agentes consumidores aceitarem a proposta de preço de oferta. Se pelo menos um consumidor periférico recusar a compra a negociação não é efetivada.

A partir deste ponto, um novo ciclo é iniciado (caso ainda existam ciclos de produção a serem simulados), ou então, um novo período é iniciado (caso todos os ciclos já tenham sido simulados), onde deve ocorrer um novo sorteio para definir se este novo período será de produção ou de consumo.

O esquema completo do Período de Produção pode ser observado na Fig. 9.2. Os detalhes referentes às negociações serão explicados a seguir.

Ao princípio do período de produção, é iniciado o primeiro ciclo de produção.

O agente controlador faz com que o primeiro agente consumidor periférico inicie o seu processo de negociação com o produtor central. Ao início de suas atividades, o primeiro agente consumidor periférico deve definir a quantidade de produto que deseja adquirir, com base nas suas necessidades, e enviar uma solicitação de preço ao produtor central. Este inicia o processo de soma de pedidos para saber qual será a demanda do mercado. Então, através de um plano de resposta, o agente controlador faz com que o segundo agente consumidor periférico inicie o seu processo de negociação com o produtor central, da mesma forma que ocorreu com o primeiro agente consumidor. Novamente, o mesmo processo ocorre, desta vez para que o terceiro agente consumidor periférico inicie

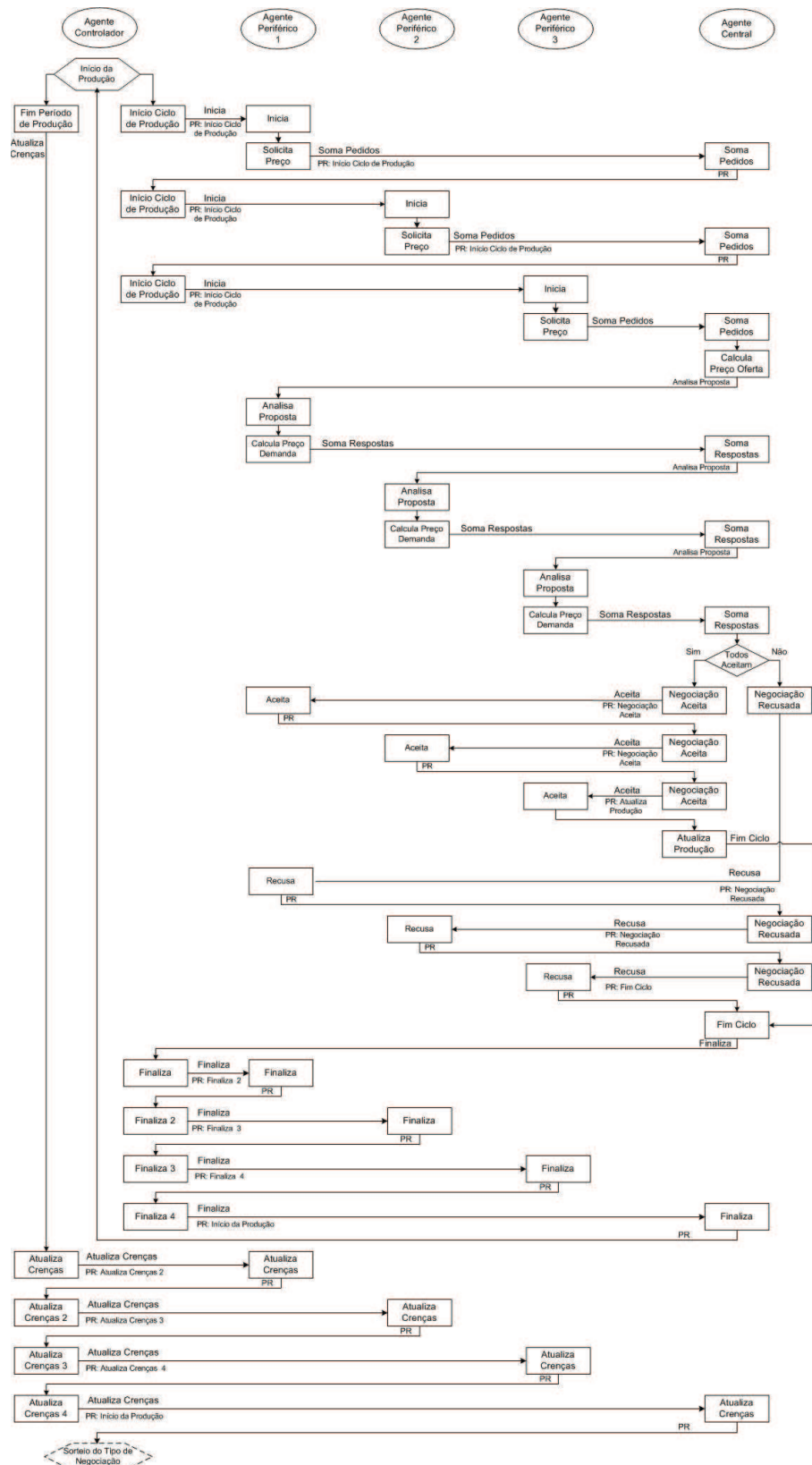


Figura 9.2: Esquema do período de produção

o seu processo de negociação.

Quando o terceiro agente consumidor envia o seu pedido, o agente produtor central sabe que já está apto a calcular o preço para a demanda do mercado, pois este possui a informação de quantos agentes consumidores estão no mercado. Logo, o produtor central calcula o seu preço de oferta e dá início a fase de análise de proposta enviando ordenadamente a informação sobre o seu preço para que os consumidores periféricos deliberem sobre a aceitação ou a recusa da oferta. Cada consumidor periférico, a partir do cálculo do seu preço de demanda e da verificação do seu orçamento, envia uma mensagem para o agente produtor informando se aceita ou não a negociação. O produtor soma a quantidade de respostas recebidas (para controlar se todos já responderam à análise de proposta) e soma também o número de respostas de aceitação e o número de respostas de recusa.

Caso todos os agentes aceitem a negociação, o agente produtor central envia uma mensagem para que cada um ative o seu plano para atualizar as suas crenças sobre quantidade de produto em estoque e moeda. Então o próprio agente produtor atualiza as suas crenças sobre quantidade de produto produzida e moeda e faz uso do seu plano de fim de ciclo para remover suas crenças sobre a quantidade de pedidos recebida e sobre as respostas obtidas.

Caso pelo menos um agente consumidor periférico recuse a negociação, o agente produtor central envia uma mensagem aos consumidores informando que a negociação não será efetivada. Neste caso, não são necessárias atualizações de crenças sobre moeda, estoque e produção, o agente produtor somente utiliza o seu plano de fim de ciclo para remover suas crenças sobre a quantidade de pedidos recebida e sobre as respostas obtidas.

Então, o produtor central envia uma mensagem ao agente controlador para que este inicie a finalização do ciclo informando a todos os agente presentes no mercado que aquele ciclo de negociação acabou.

Após esta fase de informação, o controle sobre o início da produção volta ao agente controlador para que este defina, de acordo com os critérios adotados, se um novo ciclo deverá ser iniciado ou se o período de produção acabou. No caso do fim de um período o agente controlador envia esta informação aos agentes econômicos para que estes atualizem as suas crenças. Aqui, todas as crenças sobre as negociações devem ser removidas. A única crença que não é removida é sobre a moeda, que é a única informação que persiste e se propaga sobre os períodos de negociação. Assim que todos os agentes econômicos tenham atualizado as suas crenças o agente controlador está apto a realizar um novo sorteio sobre o tipo de negociação do próximo período.

9.1.3 Período de Consumo

O período de consumo ocorre quando o agente que desempenha o papel central na negociação corresponde ao comportamento de consumidor, enquanto os agentes que desempenham papéis periféricos à negociação correspondem aos respectivos comportamentos de produtores, anteriormente explicado na Seção 8.3.

Assim como ocorre no período de produção, o período de consumo também é formado por ciclos de consumo. A cada ciclo de consumo, negociações com o arranjo de consumo definido no período de coordenação são realizadas. O esquema completo do período de consumo pode ser observado na Fig. 9.2.

Ao princípio de um ciclo de consumo o agente controlador envia uma mensagem ao agente consumidor central para que este inicie o consumo.

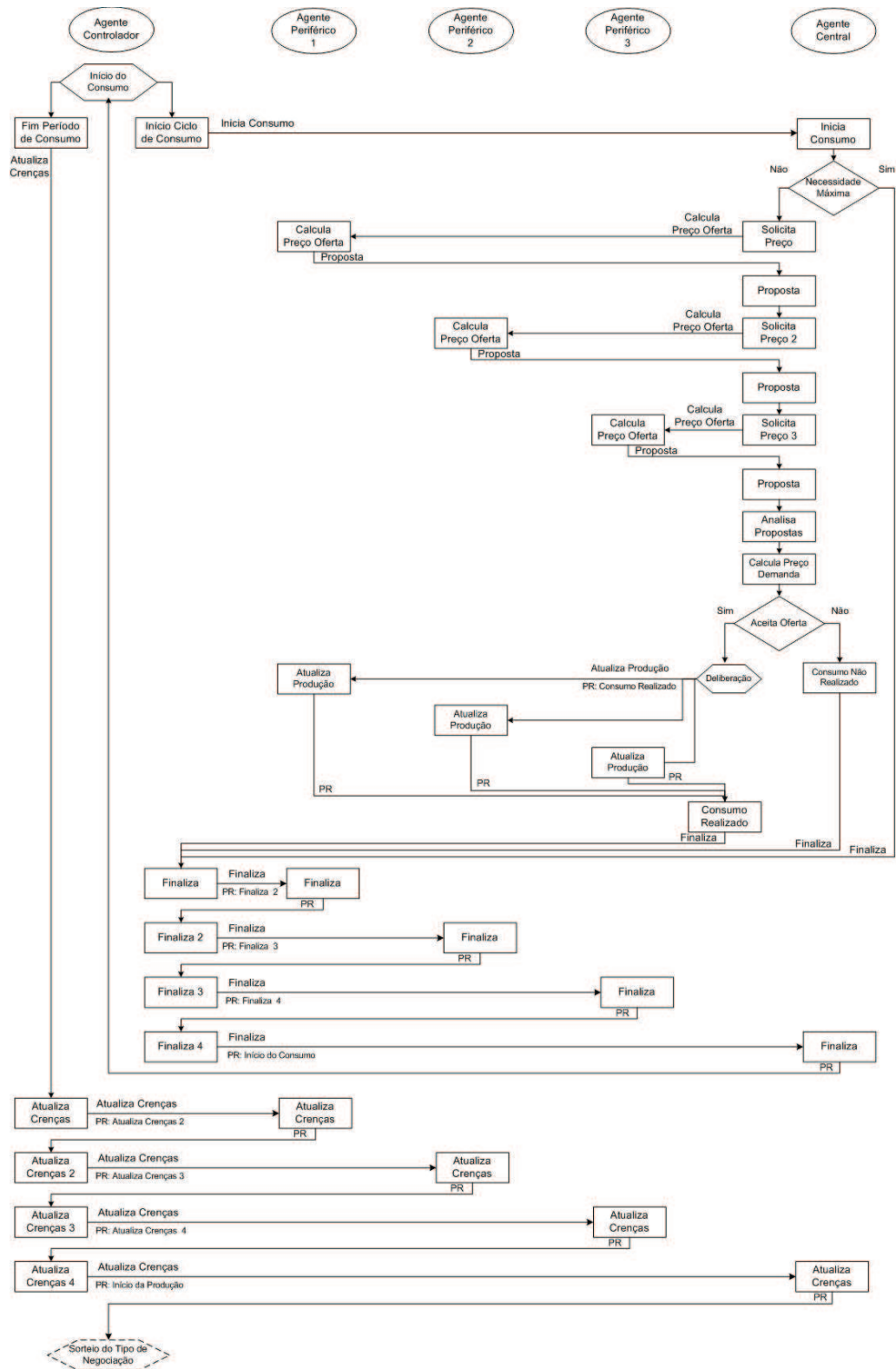


Figura 9.3: Esquema do período de consumo

O agente consumidor central, então, deve verificar se já atingiu a sua necessidade máxima de consumo no período. Caso ele tenha atingido este limite, ele envia uma mensagem ao agente controlador para que este finalize o ciclo corrente e dê início a um novo período (através da escolha do tipo de período), pois ele não tem mais interesse em realizar negociações. Caso a necessidade máxima de consumo não tenha sido atingida, então o agente consumidor central delibera sobre a sua necessidade no ciclo e envia uma mensagem ao primeiro agente produtor periférico solicitando o preço relativo à quantidade pedida. O primeiro agente periférico, por sua vez, calcula o seu preço de oferta relativo ao pedido e envia uma mensagem ao agente consumidor central com a sua proposta de preço. Então, o consumidor central realiza esta mesma seqüência de interações com o segundo e o terceiro agente produtor periférico.

Ao obter todas as propostas de preços, o agente consumidor central então analisa estas propostas para decidir se vai realizar a negociação e com quem, se esta for efetivada. Para esta tomada de decisão, o primeiro critério utilizado é sobre qual agente ofertou o menor preço sobre o produto, então se este preço se encaixa no preço que o consumidor central está disposto a pagar (de acordo com a sua função de demanda) e se ele possui orçamento suficiente, a negociação será efetivada com o produtor periférico escolhido, se não a negociação é recusada.

No caso de efetivação da negociação, o consumidor envia ao produtor escolhido uma mensagem para que este atualize as suas crenças sobre a sua produção e a sua moeda, e através de um plano de resposta ele próprio atualiza o seu estoque e a sua quantidade de moeda. Após, envia uma mensagem ao agente controlador para que este inicie a finalização do ciclo informando a todos os agente presentes no mercado que aquele ciclo de negociação acabou.

Se a negociação é recusada, o consumidor central envia uma mensagem ao agente controlador para que este inicie a finalização do ciclo.

Analogamente ao ciclo de produção, após a finalização do ciclo, o controle sobre o início do consumo volta ao agente controlador para que este novamente defina, de acordo com os critérios adotados, se um novo ciclo deverá ser iniciado ou se o período de consumo acabou. No caso do fim de um período, o agente controlador envia esta informação aos agentes econômicos para que estes atualizem as suas crenças. Assim como na etapa de produção, todas as crenças sobre as negociações devem ser removidas, exceto sobre a quantidade de moeda. Quando todos os agentes econômicos tenham atualizado as suas crenças, o agente controlador realiza um novo sorteio sobre o tipo de negociação do próximo período.

9.2 Parâmetros da Simulação

Com a finalidade de verificar o comportamento dos quatro agentes econômicos cognitivos ao interagirem e tomarem as suas decisões de acordo com os respectivos estados mentais, simulações do mercado foram realizadas utilizando a plataforma Jason (BORDINI; HÜBNER; WOOLDRIDGE, 2007).

Na simulação do mercado se fazem presentes cinco agentes. O *agente controlador*, cujo código pode ser observado no Anexo A. O *agente central*, que possui os comportamentos de produtor central e de consumidor central, vide Anexo B. E os três agentes periféricos, *agente 1*, *agente 2* e *agente 3*, que possuem os comportamentos de produtor periférico e consumidor periférico, observados nos Anexos C, D e E, respectivamente.

As simulações são realizadas na forma de períodos, que podem ser períodos de produção ou consumo, como visto na Seção 8.3. A cada período um determinado número de ciclos são simulados para um determinado arranjo de negociação.

Pode-se pensar em um período de simulação como a passagem de um dia em um mercado. Os agentes iniciam o dia com os estoques de consumo e de produção zerados, pois ainda não consumiram nem produziram nenhum bem, então, a cada novo ciclo (que representa uma nova negociação no mesmo dia), para calcular os preços que pagariam por uma quantidade de produto ou do custo para produzir uma quantidade do produto, o agente considera a quantidade de produto já consumida ou produzida nos ciclos anteriores.

Para que os agentes econômicos possam realizar as negociações no mercado e tomar as suas decisões, algumas especificações como função de oferta, função de demanda, quantidade inicial de moeda e necessidades devem ser definidas. As especificações econômicas que cada agente deve possuir, foram escolhidas de forma que exista uma maior possibilidade de variações de negociações, como aceites, recusas por incompatibilidade de ofertas e demandas, recusas por não haver mais necessidade de consumo e recusas por falta de orçamento.

Os quatro agentes econômicos cognitivos presentes na simulação do mercado são nomeados por agente *A*, agente *B*, agente *C* e agente *D*. Na Tabela 9.1 serão apresentadas as especificações econômicas para cada agente.

Tabela 9.1: Especificações econômicas

Especificações	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
Função de Oferta	$p = 5 + q \frac{95}{100}$	$p = 10 + q \frac{90}{100}$	$p = 15 + q \frac{85}{100}$	$p = 20 + q \frac{80}{100}$
Função de Demanda	$p = 130 - q$	$p = 120 - q$	$p = 110 - q$	$p = 100 - q$
Moeda	1000	2000	3000	4000
Necessidade por Ciclo	4	3	2	1
Necessidade Máxima	40	30	20	10

Logo, as principais crenças que definem o comportamento econômico de cada agente são individuais: função de demanda, função de oferta, quantidade de moeda, necessidade por ciclo e necessidade máxima de consumo. De acordo com o papel do agente econômico no período, informado através do agente controlador, ele deve consultar a base de crenças para saber sobre qual crença ele deve corresponder.

As bases de crenças do agente central, constantes no Anexo B, podem ser observadas a seguir:

```
/* Initial beliefs and rules */

//Funcoes de oferta para consumidores centrais
funcaooferta(pca,Q,P) :- P = 5 + Q *(95 / 100).
funcaooferta(pcb,Q,P) :- P = 10 + Q *(90 / 100).
funcaooferta(pcc,Q,P) :- P = 15 + Q *(85 / 100).
funcaooferta(pcd,Q,P) :- P = 20 + Q *(80 / 100).

//Funcoes de demanda para consumidores centrais
funcaodemanda(cca,Q,P) :- P = 130 - Q.
funcaodemanda(ccb,Q,P) :- P = 120 - Q.
funcaodemanda(ccc,Q,P) :- P = 110 - Q.
funcaodemanda(ccd,Q,P) :- P = 100 - Q.

//Necessidade por ciclo
necciclo(a,NecCiclo) :- NecCiclo = 4.
necciclo(b,NecCiclo) :- NecCiclo = 3.
necciclo(c,NecCiclo) :- NecCiclo = 2.
necciclo(d,NecCiclo) :- NecCiclo = 1.

//Necessidade máxima por periodo
qneccmax(a,NecMaxima) :- NecMaxima = 40.
qneccmax(b,NecMaxima) :- NecMaxima = 30.
qneccmax(c,NecMaxima) :- NecMaxima = 20.
qneccmax(d,NecMaxima) :- NecMaxima = 10.
```

Onde os papéis são definidos por:

- pca - papel de produtor central A
- pcb - papel de produtor central B
- pcc - papel de produtor central C
- pcd - papel de produtor central D
- cca - papel de consumidor central A
- ccb - papel de consumidor central B
- ccc - papel de consumidor central C
- ccd - papel de consumidor central D

As bases de crenças dos agentes periféricos 1, 2 e 3, constantes nos Anexos C, D e E, respectivamente, podem ser observadas a seguir:

```
/* Initial beliefs and rules */

//Funcoes de oferta para consumidores periféricos
funcaooferta(ppa,Q,P) :- P = 5 + Q *(95 / 100).
funcaooferta(ppb,Q,P) :- P = 10 + Q *(90 / 100).
funcaooferta(ppc,Q,P) :- P = 15 + Q *(85 / 100).
funcaooferta(ppd,Q,P) :- P = 20 + Q *(80 / 100).

//Funcoes de demanda para consumidores periféricos
funcaodemanda(cpa,Q,P) :- P = 130 - Q.
funcaodemanda(cpb,Q,P) :- P = 120 - Q.
funcaodemanda(cpc,Q,P) :- P = 110 - Q.
funcaodemanda(cpd,Q,P) :- P = 100 - Q.

//Necessidade por ciclo
```

```

necciclo(a,NecCiclo) :- NecCiclo = 4.
necciclo(b,NecCiclo) :- NecCiclo = 3.
necciclo(c,NecCiclo) :- NecCiclo = 2.
necciclo(d,NecCiclo) :- NecCiclo = 1.

//Necessidade máxima por período
qneccmax(a,NecMaxima) :- NecMaxima = 40.
qneccmax(b,NecMaxima) :- NecMaxima = 30.
qneccmax(c,NecMaxima) :- NecMaxima = 20.
qneccmax(d,NecMaxima) :- NecMaxima = 10.

```

Onde os papéis são definidos por:

- ppa - papel de produtor periférico A
- ppb - papel de produtor periférico B
- ppc - papel de produtor periférico C
- ppd - papel de produtor periférico D
- cpa - papel de consumidor periférico A
- cpb - papel de consumidor periférico B
- cpc - papel de consumidor periférico C
- cpd – papel de consumidor periférico D

Um gráfico comparativo com os quatro possíveis arranjos de produção e de consumo pode ser observado através da Fig. 9.4.

9.3 Resultados da Simulação

As simulações realizadas com quatro agentes econômicos cognitivos modelados de acordo com os conceitos e parâmetros até aqui exibidos, reverteram-se em resultados satisfatórios, pois o modelo de agente econômico cognitivo se mostra válido de acordo com as interações e os comportamentos dos agentes.

A seguir serão apresentados dois períodos de uma simulação realizada com dez períodos de quatro ciclos cada, sendo um período de produção e um período de consumo, a fim de explicar a leitura dos resultados obtidos com a simulação.

Nas tabelas que representam os resultados da simulação, pode ser observado: qual arranjo de negociação e o papel de cada agente no período, a quantidade de produto em estoque (para os consumidores), a quantidade de moeda de cada agente, a quantidade de produto produzida (para os produtores), o pedido realizado (para os consumidores) e os preços de oferta e demanda relativos ao pedido. Também é possível observar o resultado da negociação, se foi aceita ou recusada, assim como as quantidades de estoque, moeda e produção ao final da negociação.

Para o primeiro período simulado com o arranjo de negociação 3, onde o agente C é o produtor central e os demais são consumidores periféricos, pode-se observar que nos quatro ciclos, o agente D recusa a negociação, pois o preço de oferta não está de acordo com o seu preço de demanda. Deste modo, em nenhum ciclo ocorre a compra do produto, visto que, como explicado anteriormente, se pelo menos uma gente recusa a negociação

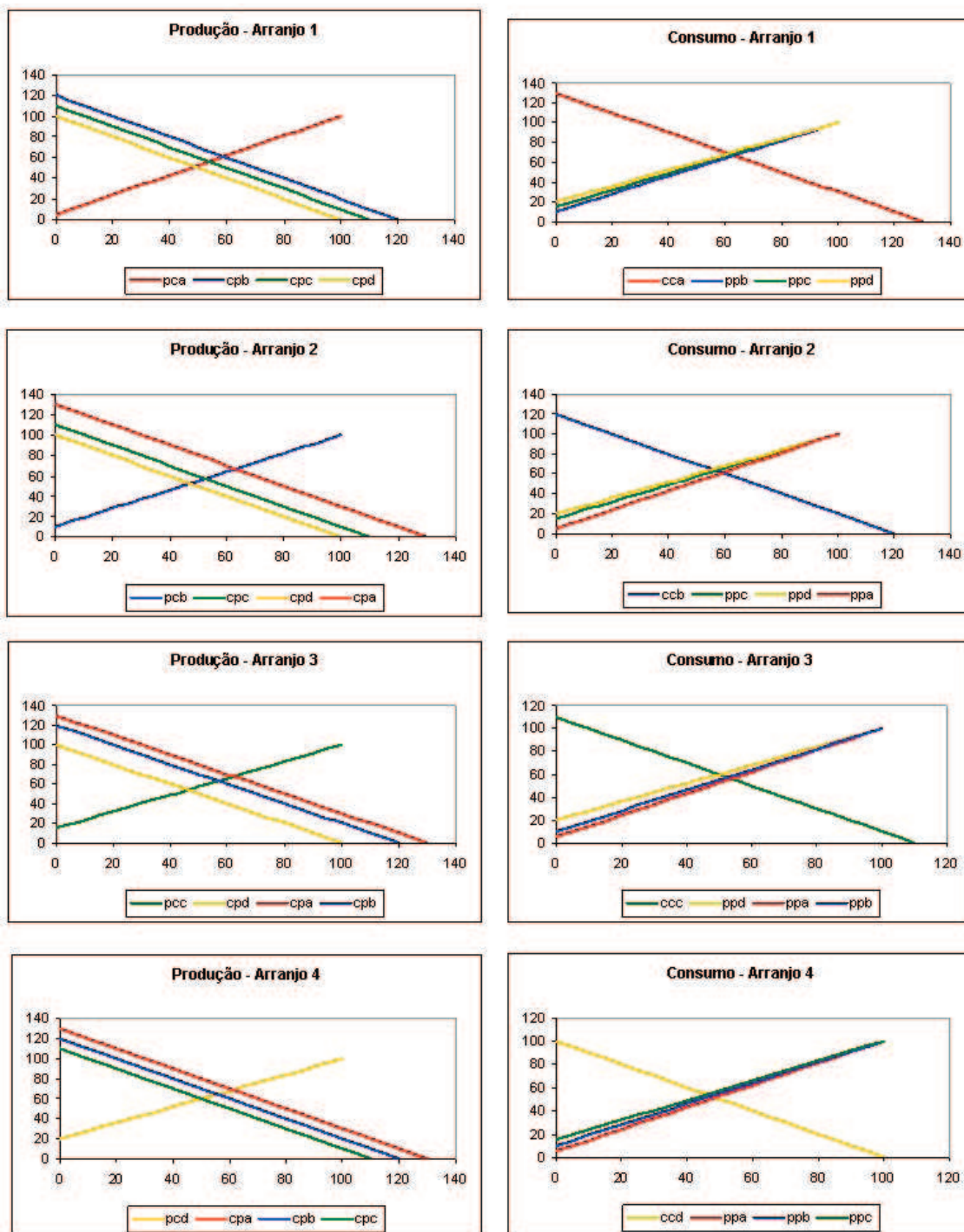


Figura 9.4: Comparativo dos arranjos de produção e consumo

Tabela 9.2: Resultado da simulação do período1: produção

Período 1: Produção											
Ciclo: 1	Arranjo: 3	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Produtor Central	C		3000	0		143.79				3000	0
Consumidor Periférico 1	D	0	4000		1		100	Recusa	0	4000	
Consumidor Periférico 2	A	0	1000		4		514	Aceita	0	1000	
Consumidor Periférico 3	B	0	2000		3		357	Aceita	0	2000	

Período 1: Produção											
Ciclo: 2	Arranjo: 3	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Produtor Central	C		3000	0		342				3000	0
Consumidor Periférico 1	D	0	4000		2		199	Recusa	0	4000	
Consumidor Periférico 2	A	0	1000		8		1012	Aceita	0	1000	
Consumidor Periférico 3	B	0	2000		6		705	Aceita	0	2000	

Período 1: Produção											
Ciclo: 3	Arranjo: 3	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Produtor Central	C		3000	0		594.6				3000	0
Consumidor Periférico 1	D	0	4000		3		297	Recusa	0	4000	
Consumidor Periférico 2	A	0	1000		12		1494	Aceita	0	1000	
Consumidor Periférico 3	B	0	2000		9		1044	Aceita	0	2000	

Período 1: Produção											
Ciclo: 4	Arranjo: 3	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Produtor Central	C		3000	0		901.6				3000	0
Consumidor Periférico 1	D	0	4000		4		394	Recusa	0	4000	
Consumidor Periférico 2	A	0	1000		16		1960	Aceita	0	1000	
Consumidor Periférico 3	B	0	2000		12		1374	Aceita	0	2000	

a compra não é efetivada. Os valores relativos a esta simulação podem ser observados na Tabela. 9.2.

O segundo período simulado é um período de consumo, cuja negociação é realizada de acordo com o arranjo 1, onde o agente *A* age de acordo com o papel de consumidor central e os demais agentes, de acordo com os respectivos papéis de produtores periféricos. Os resultados da simulação deste período pode ser analisados na Tabela. 9.3.

No primeiro e no segundo ciclo o agente *A* realiza a negociação com o agente *B*, pois este possui o menor preço de oferta. No terceiro ciclo, como o agente *B* já produziu oito unidades, o preço dele se torna mais elevado quando comparado com o agente *C*, de quem o agente *A* acaba realizando a compra. No último ciclo, o preço de oferta do agente *B* volta a ser favorável, pois desta vez quem aumentou o preço de oferta por causa da produção foi o agente *C*.

A fim de não estender a análise dos resultados obtidos, os oito períodos restantes podem ser observados no Anexo F, onde podem ser observados os demais resultados com os outros possíveis arranjos de produção e consumo, como, por exemplo, períodos de produção onde há a efetivação da negociação e um caso particular em que um agente recusa uma oferta por não possuir orçamento suficiente.

Os dez períodos simulados também podem ser observados através de uma síntese dos principais pontos resultantes das trocas e das interações entre os agentes: os resultados finais de estoque, moeda e produção de cada ciclo em cada período, de acordo com o papel de cada agente. Na tabela 9.4, pode-se observar com maior propriedade, que os agentes conseguem se manter interagindo no mercado porque os modelos econômicos e o modelo do sistema econômico em que os agentes estão baseados e inseridos permitem

Tabela 9.3: Resultado da simulação do período 2: consumo

Período 2: Consumo											
Ciclo: 1	Arranjo: 1	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Consumidor Central	A	0	1000		4		514		4	954.6	
Produtor Periférico 1	B		2000	0		45.4		Aceita		2045.4	4
Produtor Periférico 2	C		3000	0		65.1				3000	0
Produtor Periférico 3	D		4000	0		84.8				4000	0

Período 2: Consumo											
Ciclo: 2	Arranjo: 1	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Consumidor Central	A	4	954.6		4		498		8	894.8	
Produtor Periférico 1	B		2045.4	4		59.8		Aceita		2105.2	8
Produtor Periférico 2	C		3000	0		65.1				3000	0
Produtor Periférico 3	D		4000	0		84.8				4000	0

Período 2: Consumo											
Ciclo: 3	Arranjo: 1	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Consumidor Central	A	8	894.8		4		482		12	829.7	
Produtor Periférico 1	B		2105.2	8		74.19				2105.2	8
Produtor Periférico 2	C		3000	0		65.1		Aceita		3065.1	4
Produtor Periférico 3	D		4000	0		84.8				4000	0

Período 2: Consumo											
Ciclo: 4	Arranjo: 1	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Consumidor Central	A	12	829.7		4		466		16	755.5	
Produtor Periférico 1	B		2105.2	8		74.19		Aceita		2179.4	12
Produtor Periférico 2	C		3065.1	4		78.7				3065.1	4
Produtor Periférico 3	D		4000	0		84.8				4000	0

esta interação continuada.

9.4 Observações Finais

Neste capítulo pôde-se observar que o comportamento dos agentes na simulação do mercado com quatro agentes econômicos cognitivos ocorre de forma esperada, de acordo com os parâmetros de simulação. Os quatro agentes econômicos cognitivos delibaram e tomam as suas decisões de acordo com os respectivos estados mentais.

As expectativas e conclusões a respeito deste trabalho serão apresentadas no capítulo que segue.

Tabela 9.4: Síntese dos resultados das interações entre os agentes

[illegible]

10 CONCLUSÃO

Os principais conceitos pertinentes à avaliação de uma modelagem de agentes microeconômicos com base em agentes BDI foram abordados neste trabalho para fundar a estrutura de um mercado com agentes econômicos cognitivos.

Conceitos básicos de microeconomia, como mercado, modelos de consumidor e produtor, lei de oferta e demanda e equilíbrio são fundamentais para a modelagem destes agentes microeconômicos, para que se possa entender o funcionamento e o processo de deliberação e tomada de decisão destes agentes em um mercado.

Os estudos realizados durante este trabalho mostram ser possível a modelagem de trocas entre agentes microeconômicos com comportamento de consumidor e produtor tendo por base o modelo de agentes BDI, pelo fato de estes agentes simularem estados mentais e reagirem à percepções do seu ambiente de acordo com os seus objetivos. Considerando-se a simulação de um mercado, os agentes microeconômicos, produtores ou consumidores, devem reagir à estímulos e percepções de preços e quantidades de um determinado produto para atingir seus objetivos de vender ou comprar produtos.

As simulações de um mercado com quatro agentes econômicos cognitivos se mostraram muito satisfatórias pelo fato de os agentes corresponderem aos comportamentos de produtor e de consumidor e negociar, agir e tomar suas decisões de acordo com as respectivas funções de oferta e demanda. Os resultados das simulações corroboram o modelo de agente econômico cognitivo com comportamento de produtor e de consumidor com base no conceito de agentes BDI.

Outro ponto positivo dos resultados obtidos refere-se à possibilidade de uma simulação mais flexível, onde os agente possuem uma liberdade probabilística de negociação como produtores ou consumidores.

A modelagem dos agentes também se mostrou promissor quanto à outros tipos de simulações de sistemas sociais, como política, filosófica e cultural, por exemplo. Uma possibilidade de simulação política pode ser a simulação de um debate eleitoral, onde alguns agentes candidatos de diferentes ideais possam expor as suas idéias enquanto os agentes eleitores podem aderir ou não à estas idéias e, ao final do debate, votar no candidato escolhido.

Pretende-se, como trabalhos futuros, modelar outros tipos de mercado, envolvendo uma quantidade maior de agentes e variáveis econômicas, assim como aplicar negociações a crédito e débito. Também é possível, a implementação de agentes com raciocínios econômicos mais sofisticados, incluindo estratégias de atuação no mercado.

Também se mostrou praticável a implementação de um mercado em que não só o consumidor faz pedidos ao produtor, como o produtor pode oferecer produtos ao consu-

midor.

Em resumo, as simulações de mercados econômicos com agentes econômicos cognitivos que apresentem comportamento tanto de produtor quanto de consumidor, mostrou que é possível explorar sistemas sociais, neste caso particularmente o sistema microeconômico, e obter resultados satisfatórios com a interação dos agentes em um ambiente social, aqui representado por um mercado econômico.

REFERÊNCIAS

BORDINI, R. H.; HÜBNER, J. F.; WOOLDRIDGE, M. **Programming Multi-agent Systems in AgentSpeak Using Jason**. Liverpool, UK: Wiley, 2007. (Wiley Series in Agent Technology).

BORDINI, R. H.; VIEIRA, R. Linguagens de Programação Orientadas a Agentes: Uma Introdução Baseada em AgentSpeak(L). **RITA**, [S.l.], v.10, n.1, p.7–38, 2003.

BOURGINE, P.; NADAL, J.-P. **Cognitive economics**: an interdisciplinary approach. [S.l.]: Springer, 2004.

BRATMAN, M. E. What is Intention? In: COHEN, P. R.; MORGAN, J.; POLLACK, M. E. (Ed.). **Intentions in Communication**. [S.l.]: MIT Press, 1990. p.15–31.

BURMEISTER, B.; ARNOLD, M.; COPACIU, F.; RIMASSA, G. BDI-agents for agile goal-oriented business processes. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON AUTONOMOUS AGENTS AND MULTIAGENT SYSTEMS (AAMAS 2008), ESTORIL, PORTUGAL, MAY 12-16, 2008, INDUSTRY AND APPLICATIONS TRACK PROCEEDINGS, 7., 2008. **Anais...** IFAAMAS, 2008. p.37–44.

CARVALHO, L. C. **Microeconomia Introdutória**. São Paulo: Atlas, 2000.

COHEN, K. J.; CYERT, R. M. **Theory of the Firm**: Resource Allocation in Market Economy. New Jersey: Prentice-Hall, 1975.

CYERT, R. M.; MARCH, J. G. **A Behavioral Theory of the Firm**. New Jersey: Prentice-Hall, 1963.

DIMURO, G. P.; COSTA, A. C. R.; PALAZZO, L. A. M. Systems of Exchange Values as Tools for Multi-Agent Organizations. **Journal of the Brazilian Computer Society**, Porto Alegre, v.11, n.1, p.31–50, 2005. Special issue on Agent's Organizations.

DUFF, S.; HARLAND, J. Formalising Proactive maintenance Goals. **Declarative Agent Languages and Technologies DALT**, Estoril - Portugal, 2008.

EGIDI, M.; RIZZELLO, S. Cognitive Economics: Foundations and Historical Evolution. **Working Paper Series**, Torino, Italy, n.4, 2003. Centro di Studi sulla Storia e i Metodi dell'Economia Politica Claudio Napoleoni (CESMEP).

FASLI, M. Conceptualizing BDI Agents for Financial Markets. **IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics**, United Kingdom, 2001.

GRANT, R. M. Toward a Knowledge-Based Theory of the Firm. **Strategic Management Journal**, [S.l.], v.17, p.109–122, 1996.

HÜBNER, J. F.; BORDINI, R. H.; VIEIRA, R. **Introdução ao desenvolvimento de sistemas multiagentes com Jason**. Guarapuava, PR: UNICENTRO, 2004.

KOKINOV, B. A Dynamic Approach to Context Modeling. In: IJCAI-95 WORKSHOP ON MODELING CONTEXT IN KNOWLEDGE REPRESENTATION AND REASONING, 1995. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 1995.

KOKINOV, B. A Dynamic Theory of Implicit Context. In: IN PROCEEDINGS OF THE SECOND EUROPEAN CONFERENCE ON COGNITIVE SCIENCE, 1997. **Anais...** University of Manchester Press, 1997.

KOKINOV, B. Dynamics and Automaticity of Context: A Cognitive Modeling Approach. In: BOUQUET, P.; SERAFINI, L.; BRÉZILLON, P.; BENERECETTI, M.; CASTELLANI, F. (Ed.). **Modeling and Using Contexts**: Proceedings of the Second International and Interdisciplinary Conference, CONTEXT'99. Berlin: Springer-Verlag, 1999. p.200–213.

MCCAIN, R. A. **A framework for cognitive economics**. [S.l.]: Greenwood Publishing Group, 1992.

MOWEN, J. C.; MINOR, M. S. **Comportamento do Consumidor**. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2003.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. **An evolutionary theory of economic change**. [S.l.]: Harvard University Press, 1992.

PIAGET, J. **Sociological Studies**. London: Routledge, 1995.

PINHO, D. B.; VASCONCELOS, M. A. S. de; AL. et. **Manual de Introdução à Economia**. São Paulo: Saraiva, 2006.

POSSAS, M. L. Economia Evolucionária Neo-Schumpeteriana: Elementos para uma Integração Micro-Macrodinâmica. **Working Paper Series**, São Paulo, 2007. IEA/USP.

RAO, A. S.; GEORGEFF, M. P. An Abstract Architecture for Rational Agents. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRINCIPLES OF KNOWLEDGE REPRESENTATION AND REASONING (KR'92), CAMBRIDGE, MA, OCTOBER 25–29, 1992, 3., 1992. **Proceedings...** Morgan Kaufmann, 1992. p.439–449.

RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. **Inteligência Artificial**: Uma Abordagem Moderna. São Paulo: Campus, 2004.

SALVATORE, D. **Microeconomia**. São Paulo: McGraw-Hill, 1996.

SAMARA, B. S.; MORSCH, M. A. **Comportamento do Consumidor**: conceitos e casos. [S.l.]: Prentice Hall, 2005.

TESFATSION, L. Agent-Based Computational Economics: A Brief Guide to the Literature. In: READERS GUIDE TO THE SOCIAL SCIENCES, VOLUME 1, FITZROY-DEARBORN, 1998. **Anais...** [S.l.: s.n.], 1998.

TESFATSION, L. Agent-Based Computational Economics: Growing Economies From the Bottom Up. **Artificial Life**, [S.l.], v.8, n.1, p.55–82, 2002.

TESFATSION, L. **Agent-Based Computational Economics**: A Constructive Approach to Economic Theory. [S.l.]: Society for Computational Economics, 2005.

TOPOL, R.; WALLISER, B. **Cognitive economics**: new trends. [S.l.]: Elsevier Science, 2007.

VARIAN, H. R. **Microeconomia**. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

WESSELS, W. J. **Microeconomia**: Teoria e Aplicações. São Paulo: Saraiva, 2002.

WOOLDRIDGE, M. **Reasoning about Rational Agents**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2000. (Intelligent Robots and Autonomous Agents).

ANEXO A

Código do agente controlador:

```
// Agent agentecontrolador in project mercado.mas2j

////////////////////////////////////

/* Initial beliefs and rules */

controleagentes(4). //Numero de agentes no mercado
ciclo(ag1).         // Agente que esta realizando a negociacao no ciclo
cont(0).            // Controla o numero de ciclos por periodo
limite(4).          // Numero maximo de ciclos por periodo

//Moeda inicial dos agentes
qmoeda(a,1000).
qmoeda(b,2000).
qmoeda(c,3000).
qmoeda(d,4000).

/* Initial goals */

!controle.

/* Plans */

+!controle: controleagentes(ControleAgentes) <-
    .send(agentel1, achieve, controleagentes(ControleAgentes,controle(controle2))).
+!controle(controle2): controleagentes(ControleAgentes) <-
    .send(agente2, achieve, controleagentes(ControleAgentes,controle(controle3))).
+!controle(controle3): controleagentes(ControleAgentes) <-
    .send(agente3, achieve, controleagentes(ControleAgentes,controle(controle4))).
+!controle(controle4): controleagentes(ControleAgentes) <-
    .send(agentecentral, achieve, controleagentes(ControleAgentes, sorteiotiponegociacao)).

+!sorteiotiponegociacao: true <- .random(X);
    if(X < 0.5)
    {
        .print("PRODUÇÃO - PRODUÇÃO - PRODUÇÃO - PRODUÇÃO - PRODUÇÃO - PRODUÇÃO - PRODUÇÃO");
        !sorteioarranjoproducao
    }
    {
        .print("CONSUMO - CONSUMO - CONSUMO - CONSUMO - CONSUMO - CONSUMO - CONSUMO");
        !sorteioarranjoconsumo
    }
}.

////////////////////////////////////
//PRODUCAO

@sorp[atomic]
+!sorteioarranjoproducao: true <- .random(Y);
    if(Y < 0.25)
    {
        .print("ARRANJO 1");
        .send(agentecentral,tell,id_funcao(pca));
        .send(agentel1,tell,id_funcao(cpb));
```

```

        .send(agente2,tell,id_funcao(cpc));
        .send(agente3,tell,id_funcao(cpd));
        .send(agente1,tell,id_nec(b));
        .send(agente2,tell,id_nec(c));
        .send(agente3,tell,id_nec(d));
        !controlemoedaproducao1
    }
    {
    if(Y < 0.5)
    {
        .print("ARRANJO 2");
        .send(agentecentral,tell,id_funcao(pcb));
        .send(agente1,tell,id_funcao(cpc));
        .send(agente2,tell,id_funcao(cpd));
        .send(agente3,tell,id_funcao(cpa));
        .send(agente1,tell,id_nec(c));
        .send(agente2,tell,id_nec(d));
        .send(agente3,tell,id_nec(a));
        !controlemoedaproducao2
    }
    {
    if(Y < 0.75)
    {
        .print("ARRANJO 3");
        .send(agentecentral,tell,id_funcao(pcc));
        .send(agente1,tell,id_funcao(cpd));
        .send(agente2,tell,id_funcao(cpa));
        .send(agente3,tell,id_funcao(cpb));
        .send(agente1,tell,id_nec(d));
        .send(agente2,tell,id_nec(a));
        .send(agente3,tell,id_nec(b));
        !controlemoedaproducao3
    }
    {
        .print("ARRANJO 4");
        .send(agentecentral,tell,id_funcao(pcd));
        .send(agente1,tell,id_funcao(cpa));
        .send(agente2,tell,id_funcao(cpb));
        .send(agente3,tell,id_funcao(cpc));
        .send(agente1,tell,id_nec(a));
        .send(agente2,tell,id_nec(b));
        .send(agente3,tell,id_nec(c));
        !controlemoedaproducao4
    }
    }
    }.

+!controlemoedaproducao1: qmoeda(b,MoedaB) <-
    .send(agente1, achieve, controlemoeda(b,MoedaB,controlemoedaproducao1(controle2))).
+!controlemoedaproducao1(controle2): qmoeda(c,MoedaC) <-
    .send(agente2, achieve, controlemoeda(c,MoedaC,controlemoedaproducao1(controle3))).
+!controlemoedaproducao1(controle3): qmoeda(d,MoedaD) <-
    .send(agente3, achieve, controlemoeda(d,MoedaD,controlemoedaproducao1(controle4))).
+!controlemoedaproducao1(controle4): qmoeda(a,MoedaA) <-
    .send(agentecentral, achieve, controlemoeda(a,MoedaA, inicioproducao)).

+!controlemoedaproducao2: qmoeda(c,MoedaC) <-
    .send(agente1, achieve, controlemoeda(c,MoedaC,controlemoedaproducao2(controle2))).
+!controlemoedaproducao2(controle2): qmoeda(d,MoedaD) <-
    .send(agente2, achieve, controlemoeda(d,MoedaD,controlemoedaproducao2(controle3))).
+!controlemoedaproducao2(controle3): qmoeda(a,MoedaA) <-
    .send(agente3, achieve, controlemoeda(a,MoedaA,controlemoedaproducao2(controle4))).
+!controlemoedaproducao2(controle4): qmoeda(b,MoedaB) <-
    .send(agentecentral, achieve, controlemoeda(b,MoedaB, inicioproducao)).

+!controlemoedaproducao3: qmoeda(d,MoedaD) <-
    .send(agente1, achieve, controlemoeda(d,MoedaD,controlemoedaproducao3(controle2))).
+!controlemoedaproducao3(controle2): qmoeda(a,MoedaA) <-
    .send(agente2, achieve, controlemoeda(a,MoedaA,controlemoedaproducao3(controle3))).
+!controlemoedaproducao3(controle3): qmoeda(b,MoedaB) <-
    .send(agente3, achieve, controlemoeda(b,MoedaB,controlemoedaproducao3(controle4))).
+!controlemoedaproducao3(controle4): qmoeda(c,MoedaC) <-

```

```

        .send(agentecentral, achieve, controlemoeda(c,MoedaC, inicioproducao)).

+!controlemoedaproducao4: qmoeda(a,MoedaA) <-
    .send(agentel1, achieve, controlemoeda(a,MoedaA,controlemoedaproducao4(controle2))).
+!controlemoedaproducao4(controle2): qmoeda(b,MoedaB) <-
    .send(agentel2, achieve, controlemoeda(b,MoedaB,controlemoedaproducao4(controle3))).
+!controlemoedaproducao4(controle3): qmoeda(c,MoedaC) <-
    .send(agentel3, achieve, controlemoeda(c,MoedaC,controlemoedaproducao4(controle4))).
+!controlemoedaproducao4(controle4): qmoeda(d,MoedaD) <-
    .send(agentecentral, achieve, controlemoeda(d,MoedaD, inicioproducao)).

+!inicioproducao: cont(C) & limite(L) <-
    if (C=L)
    {
        .print("FIM DE PERIODO DE PRODUCAO");
        !fimperiodoproducao
    }
    {
        .print("INICIO DE CICLO DE PRODUCAO");
        !iniciocicloproducao
    }.

+!iniciocicloproducao : ciclo(A) & cont(CPre) <- .print("Ciclo: ]", A);
    if ( A = ag1)
    {
        .send(agentel1, achieve, inicia(iniciocicloproducao));
        -ciclo(ag1);
        +ciclo(ag2)

    }
    {
        if (A = ag2)
        {
            .send(agentel2, achieve, inicia(iniciocicloproducao));
            -ciclo(ag2);
            +ciclo(ag3)
        }
        {
            .send(agentel3, achieve, inicia);
            -ciclo(ag3);
            +ciclo(ag1);
            C = CPre + 1;
            -+cont(C)
        }
    }.

+!fimperiodoproducao : cont(C) <-
    -+cont(0);
    !atualizacrencaoproducao.

+!finalizaproducao: cont(C) & limite(L) <-
    .send(agentel1,achieve,finalizaproducao(agentel1,finalizaproducao(finalizaproducao2))).
+!finalizaproducao(finalizaproducao2) : cont(C) & limite(L) <-
    .send(agentel2,achieve,finalizaproducao(agentel2,finalizaproducao(finalizaproducao3))).
+!finalizaproducao(finalizaproducao3) : cont(C) & limite(L) <-
    .send(agentel3,achieve,finalizaproducao(agentel3,finalizaproducao(finalizaproducao4))).
+!finalizaproducao(finalizaproducao4) : cont(C) & limite(L) <-
    .send(agentecentral,achieve,finalizaproducao(agentecentral,inicioproducao)).

+!atualizacrencaoproducao : true <-
    .send(agentel1,achieve,
        atualizacrencaoproducao(agentel1,atualizacrencaoproducao(atualizacrencaoproducao2))).
+!atualizacrencaoproducao(atualizacrencaoproducao2) : true <-
    .send(agentel2,achieve,
        atualizacrencaoproducao(agentel2,atualizacrencaoproducao(atualizacrencaoproducao3))).
+!atualizacrencaoproducao(atualizacrencaoproducao3) : true <-
    .send(agentel3,achieve,
        atualizacrencaoproducao(agentel3,atualizacrencaoproducao(atualizacrencaoproducao4))).
+!atualizacrencaoproducao(atualizacrencaoproducao4) : true <-
    .send(agentecentral,achieve,
        atualizacrencaoproducao(agentecentral,sorteiotiponegociacao)).

```

```

////////////////////////////////////
//CONSUMO

+!sorteioarranjoconsumo: true <- .random(Y);
  if(Y < 0.25)
  {
    .print("ARRANJO 1");
    .send(agentecentral,tell,id_funcao(cca));
    .send(agentel,tell,id_funcao(ppb));
    .send(agente2,tell,id_funcao(ppc));
    .send(agente3,tell,id_funcao(ppd));
    .send(agentecentral,tell,id_nec(a));
    !controlemoedaconsumo1
  }
  {
    if(Y < 0.5)
    {
      .print("ARRANJO 2");
      .send(agentecentral,tell,id_funcao(ccb));
      .send(agentel,tell,id_funcao(ppc));
      .send(agente2,tell,id_funcao(ppd));
      .send(agente3,tell,id_funcao(ppa));
      .send(agentecentral,tell,id_nec(b));
      !controlemoedaconsumo2
    }
    {
      if(Y < 0.75)
      {
        .print("ARRANJO 3");
        .send(agentecentral,tell,id_funcao(ccc));
        .send(agentel,tell,id_funcao(ppd));
        .send(agente2,tell,id_funcao(ppa));
        .send(agente3,tell,id_funcao(ppb));
        .send(agentecentral,tell,id_nec(c));
        !controlemoedaconsumo3
      }
      {
        .print("ARRANJO 4");
        .send(agentecentral,tell,id_funcao(ccd));
        .send(agentel,tell,id_funcao(ppa));
        .send(agente2,tell,id_funcao(ppb));
        .send(agente3,tell,id_funcao(ppc));
        .send(agentecentral,tell,id_nec(d));
        !controlemoedaconsumo4
      }
    }
  }
}.

+!controlemoedaconsumo1: qmoeda(b,MoedaB) <-
  .send(agentel, achieve, controlemoeda(b,MoedaB,controlemoedaconsumo1(controle2))).
+!controlemoedaconsumo1(controle2): qmoeda(c,MoedaC) <-
  .send(agente2, achieve, controlemoeda(c,MoedaC,controlemoedaconsumo1(controle3))).
+!controlemoedaconsumo1(controle3): qmoeda(d,MoedaD) <-
  .send(agente3, achieve, controlemoeda(d,MoedaD,controlemoedaconsumo1(controle4))).
+!controlemoedaconsumo1(controle4): qmoeda(a,MoedaA) <-
  .send(agentecentral, achieve, controlemoeda(a,MoedaA, inicioconsumo)).

+!controlemoedaconsumo2: qmoeda(c,MoedaC) <-
  .send(agentel, achieve, controlemoeda(c,MoedaC,controlemoedaconsumo2(controle2))).
+!controlemoedaconsumo2(controle2): qmoeda(d,MoedaD) <-
  .send(agente2, achieve, controlemoeda(d,MoedaD,controlemoedaconsumo2(controle3))).
+!controlemoedaconsumo2(controle3): qmoeda(a,MoedaA) <-
  .send(agente3, achieve, controlemoeda(a,MoedaA,controlemoedaconsumo2(controle4))).
+!controlemoedaconsumo2(controle4): qmoeda(b,MoedaB) <-
  .send(agentecentral, achieve, controlemoeda(b,MoedaB, inicioconsumo)).

+!controlemoedaconsumo3: qmoeda(d,MoedaD) <-
  .send(agentel, achieve, controlemoeda(d,MoedaD,controlemoedaconsumo3(controle2))).
+!controlemoedaconsumo3(controle2): qmoeda(a,MoedaA) <-
  .send(agente2, achieve, controlemoeda(a,MoedaA,controlemoedaconsumo3(controle3))).
+!controlemoedaconsumo3(controle3): qmoeda(b,MoedaB) <-
  .send(agente3, achieve, controlemoeda(b,MoedaB,controlemoedaconsumo3(controle4))).

```

```

+!controlemoedaconsumo3(controle4): qmoeda(c,MoedaC) <-
    .send(agentecentral, achieve, controlemoeda(c,MoedaC, inicioconsumo)).

+!controlemoedaconsumo4: qmoeda(a,MoedaA) <-
    .send(agentel, achieve, controlemoeda(a,MoedaA,controlemoedaconsumo4(controle2))).
+!controlemoedaconsumo4(controle2): qmoeda(b,MoedaB) <-
    .send(agentel, achieve, controlemoeda(b,MoedaB,controlemoedaconsumo4(controle3))).
+!controlemoedaconsumo4(controle3): qmoeda(c,MoedaC) <-
    .send(agentel, achieve, controlemoeda(c,MoedaC,controlemoedaconsumo4(controle4))).
+!controlemoedaconsumo4(controle4): qmoeda(d,MoedaD) <-
    .send(agentecentral, achieve, controlemoeda(d,MoedaD, inicioconsumo)).

+!inicioconsumo: cont(C) & limite(L) <-
    if(C=L)
    {
        .print("FIM DE PERIODO DE CONSUMO");
        !fimperiodoconsumo
    }
    {
        .print("INICIO DE CICLO DE CONSUMO");
        !iniciocicloconsumo
    }
    }.

+!iniciocicloconsumo: cont(CPre) <-
    C = CPre + 1;
    -+cont(C);
    .send(agentecentral, achieve, iniciaconsumo).

+!fimperiodoconsumo : cont(C) <-
    -+cont(0);
    !atualizacrencaconsumo.

+!finalizaconsumo: cont(C) & limite(L) <-
    .send(agentel,achieve,finalizaconsumo(agentel,finalizaconsumo(finaliza2))).
+!finalizaconsumo(finaliza2) : cont(C) & limite(L) <-
    .send(agentel,achieve,finalizaconsumo(agentel,finalizaconsumo(finaliza3))).
+!finalizaconsumo(finaliza3) : cont(C) & limite(L) <-
    .send(agentel,achieve,finalizaconsumo(agentel,finalizaconsumo(finaliza4))).
+!finalizaconsumo(finaliza4) : cont(C) & limite(L) <-
    .send(agentecentral,achieve,finalizaconsumo(agentecentral,inicioconsumo)).

+!atualizacrencaconsumo : true <-
    .send(agentel,achieve,
        atualizacrencaconsumo(agentel,atualizacrencaconsumo(atualizacrenca2))).
+!atualizacrencaconsumo(atualizacrenca2) : true <-
    .send(agentel,achieve,
        atualizacrencaconsumo(agentel,atualizacrencaconsumo(atualizacrenca3))).
+!atualizacrencaconsumo(atualizacrenca3) : true <-
    .send(agentel,achieve,
        atualizacrencaconsumo(agentel,atualizacrencaconsumo(atualizacrenca4))).
+!atualizacrencaconsumo(atualizacrenca4) : true <-
    .send(agentecentral,achieve,
        atualizacrencaconsumo(agentecentral,sorteiotiponegociacao)).

+!atualizamoeda(IDM,MOEDA): true <-
    -qmoeda(IDM,MOEDA1);
    +qmoeda(IDM,MOEDA) .

```

ANEXO B

Código do agente central.

```
// Agent agentecentral in project mercado.mas2j

////////////////////////////////////

/* Initial beliefs and rules */

//Funcoes de oferta para consumidores centrais
funcaooferta(pca,Q,P) :- P = 5 + Q *(95 / 100).
funcaooferta(pcb,Q,P) :- P = 10 + Q *(90 / 100).
funcaooferta(pcc,Q,P) :- P = 15 + Q *(85 / 100).
funcaooferta(pcd,Q,P) :- P = 20 + Q *(80 / 100).

//Funcoes de demanda para consumidores centrais
funcaodemanda(cca,Q,P) :- P = 130 - Q.
funcaodemanda(ccb,Q,P) :- P = 120 - Q.
funcaodemanda(ccc,Q,P) :- P = 110 - Q.
funcaodemanda(ccd,Q,P) :- P = 100 - Q.

//Necessidade por ciclo
necciclo(a,NecCiclo) :- NecCiclo = 4.
necciclo(b,NecCiclo) :- NecCiclo = 3.
necciclo(c,NecCiclo) :- NecCiclo = 2.
necciclo(d,NecCiclo) :- NecCiclo = 1.

//Necessidade máxima por periodo
qnecmax(a,NecMaxima) :- NecMaxima = 40.
qnecmax(b,NecMaxima) :- NecMaxima = 30.
qnecmax(c,NecMaxima) :- NecMaxima = 20.
qnecmax(d,NecMaxima) :- NecMaxima = 10.

////////////////////////////////////

controleagentes(0).
qmoeda(e,0).

//----- CRENCAS PRODUCAO -----

qpedidototal(0).
qagentes(3).
qprod(0).
numrespostas(0).
numaceites(0).
numrecusas(0).

//----- CRENCAS CONSUMO -----

gest(0).
qnec(0).
precoprod1(0).
precoprod2(0).
precoprod3(0).

/* Initial goals */
```

```

/* Plans */

+!controleagentes(ControleAgentes,PR): controleagentes(ControleAgentesPre) <-
  +controleagentes(ControleAgentes);
  .print("Agentes no mercado: ]",ControleAgentes);
  .send(agentecontrolador, achieve, PR).

+!controlemoeda(IDM,MOEDA,PR): qmoeda(IDMPre,MOEDAPre) <-
  +qmoeda(IDM,MOEDA);
  .print("Identificador da moeda: ]",IDM);
  .print("Quantidade inicial de moeda: ]",MOEDA);
  .send(agentecontrolador, achieve, PR).

////////////////////////////////////
//COMPORTAMENTO DE PRODUTOR CENTRAL

+!somapedidos(agente1, QPEDIDO,PR)[source (N)] :
  qpeditototal(QPedidoPre) & qagentes(QAgentes) <-
  QPedidoTotal = QPedidoPre + QPEDIDO;
  +qpeditototal(QPedidoTotal);
  .send(agentecontrolador, achieve,PR).

+!somapedidos(agente2, QPEDIDO,PR)[source (N)] :
  qpeditototal(QPedidoPre) & qagentes(QAgentes) <-
  QPedidoTotal = QPedidoPre + QPEDIDO;
  +qpeditototal(QPedidoTotal);
  .send(agentecontrolador, achieve,PR).

+!somapedidos(agente3, QPEDIDO)[source (N)] :
  qpeditototal(QPedidoPre) & qagentes(QAgentes) <-
  QPedidoTotal = QPedidoPre + QPEDIDO;
  +qpeditototal(QPedidoTotal);
  .print("Pedido Total: ]", QPedidoTotal);
  !calculaprecooferta(QPedidoTotal).

+!calculaprecooferta(QPedidoTotal)[source (N)] : qprod(QPRODUZIDA) <-
  !calculaprecototal(QPedidoTotal ,QPRODUZIDA ,0 , PrecoOferta);
  .print("Preco: ] ", PrecoOferta).

+!calculaprecototal(0,QPRODUZIDA,Cobro, Cobro): true <-
  .send(agente1, achieve, analisaproposta(agente1,Cobro)).
+!calculaprecototal(QPedidoTotal,QPRODUZIDA,Cobro, PrecoOferta):
  id_funcao(ID) & funcaooferta(ID,QPRODUZIDA,PProdtemp) <-
  QPedidoTotalTEMP = QPedidoTotal -1;
  QPRODUZIDATEMP = QPRODUZIDA + 1;
  Cobrotemp = Cobro + PProdtemp;
  !calculaprecototal(QPedidoTotalTEMP, QPRODUZIDATEMP, Cobrotemp, PrecoOferta).

@sra1[atomic]
+!somarespuestas(propostaaceital,PrecoOferta) :
  numrespuestas(NumRespuestasPre) & numaceites(NumAceitesPre) & qagentes(QAgentes) <-
  NumRespuestas = NumRespuestasPre + 1;
  +numrespuestas(NumRespuestas);
  .print("Numero de respostas ate o momento]", NumRespuestas);
  NumAceites = NumAceitesPre + 1;
  +numaceites(NumAceites);
  .print("Numero de aceites ate o momento]", NumAceites);
  .send(agente2, achieve, analisaproposta(agente2,PrecoOferta)).

@sra2[atomic]
+!somarespuestas(propostaaceita2,PrecoOferta) :
  numrespuestas(NumRespuestasPre) & numaceites(NumAceitesPre) & qagentes(QAgentes) <-
  NumRespuestas = NumRespuestasPre + 1;
  +numrespuestas(NumRespuestas);
  .print("Numero de respostas ate o momento]", NumRespuestas);
  NumAceites = NumAceitesPre + 1;
  +numaceites(NumAceites);
  .print("Numero de aceites ate o momento]", NumAceites);
  .send(agente3, achieve, analisaproposta(agente3,PrecoOferta)).

@sra3[atomic]
+!somarespuestas(propostaaceita3,PrecoOferta) : numrespuestas(NumRespuestasPre) &

```

```

numaceites(NumAceitesPre) & qagentes(QAgentes) & numrecusas(NumRecusasPre) <-
NumRespostas = NumRespostasPre + 1;
-+numrespostas(NumRespostas);
.print("Numero de respostas ate o momento]", NumRespostas);
NumAceites = NumAceitesPre + 1;
-+numaceites(NumAceites);
.print("Numero de aceites ate o momento]", NumAceites);
if (( NumRespostas = QAgentes) & (NumAceites = QAgentes))
{
    !negociacaoaceita(PrecoOferta,QPedidoTotal)
}
{
    if (( NumRespostas = QAgentes) & (NumRecusas >= 1))
    {
        !negociacaorecusada(PrecoOferta)
    }
}
}.

@ar1[atomic]
+!somarespostas(propostarecusada1,PrecoOferta) : numrespostas(NumRespostasPre) &
numrecusas(NumRecusasPre) & qagentes(QAgentes) <-
NumRespostas = NumRespostasPre + 1;
.print("Numero de respostas ate o momento]", NumRespostas);
-+numrespostas(NumRespostas);
NumRecusas = NumRecusasPre + 1;
-+numrecusas(NumRecusas);
.print("Numero de recusas ate o momento]", NumRecusas);
.send(agente2, achieve, analisaproposta(agente2,PrecoOferta)).

@ar2[atomic]
+!somarespostas(propostarecusada2,PrecoOferta) : numrespostas(NumRespostasPre) &
numrecusas(NumRecusasPre) & qagentes(QAgentes) <-
NumRespostas = NumRespostasPre + 1;
.print("Numero de respostas ate o momento]", NumRespostas);
-+numrespostas(NumRespostas);
NumRecusas = NumRecusasPre + 1;
-+numrecusas(NumRecusas);
.print("Numero de recusas ate o momento]", NumRecusas);
.send(agente3, achieve, analisaproposta(agente3,PrecoOferta)).

@ar3[atomic]
+!somarespostas(propostarecusada3,PrecoOferta) : numrespostas(NumRespostasPre) &
numrecusas(NumRecusasPre) & qagentes(QAgentes) <-
NumRespostas = NumRespostasPre + 1;
.print("Numero de respostas ate o momento]", NumRespostas);
-+numrespostas(NumRespostas);
NumRecusas = NumRecusasPre + 1;
-+numrecusas(NumRecusas);
.print("Numero de recusas ate o momento]", NumRecusas);
if (( NumRespostas = QAgentes) & (NumRecusas >= 1))
{
    !negociacaorecusada(PrecoOferta)
}
}.

+!negociacaoaceita(PrecoOferta,QPedidoTotal): qpeditototal(QPedidoTotal) <-
.print("NEGOCIACAO EFETIVADA]");
.send(agentel, achieve,
aceita(agentel, PrecoOferta, QPedidoTotal,
negociacaoaceita(agente2, PrecoOferta,QPedidoTotal))).

+!negociacaoaceita(agente2, PrecoOferta,QPedidoTotal): qpeditototal(QPedidoTotal) <-
.send(agente2, achieve,
aceita(agente2, PrecoOferta,QPedidoTotal,
negociacaoaceita(agente3, PrecoOferta,QPedidoTotal))).

+!negociacaoaceita(agente3, PrecoOferta,QPedidoTotal): qpeditototal(QPedidoTotal) <-
.send(agente3, achieve,
aceita(agente3, PrecoOferta,QPedidoTotal,
atualizaproducao(PrecoOferta,QPedidoTotal))).

@atr1[atomic]
+!negociacaorecusada(PrecoOferta): true <- .print("NEGOCIACAO RECUSADA]");

```

```

        .send(agente1, achieve, recusa(agente1,negociacaorecusada(agente2,PrecoOferta))).

@atr2[atomic]
+!negociacaorecusada(agente2,PrecoOferta): true <-
    .send(agente2, achieve, recusa(agente2,negociacaorecusada(agente3,PrecoOferta))).

@atr3[atomic]
+!negociacaorecusada(agente3,PrecoOferta): true <-
    .send(agente3, achieve, recusa(agente3,fimciclo)).

@am[atomic]
+!atualizaproducao(PrecoOferta,QPedidoTotal): qmoeda(IDM,MOEDA) & qprod(QPRODUZIDA)<-
    -+qmoeda(IDM,MOEDA + PrecoOferta);
    -+qprod(QPRODUZIDA+ QPedidoTotal);
    ?qmoeda(IDM,QMOEDANOVO2);
    ?qprod(QPRODUZIDA2);
    .print("Quantidade de moeda apos venda:] ", QMOEDANOVO2);
    .print("Quantidade vendida:] ", QPRODUZIDA2);
    !fimciclo.

+!fimciclo <- -+qpeditototal(0); -+numaceites(0); -+numrecusas(0); -+numrespostas(0);
    .print("Enviando mensagem para controlador de fim de ciclo");
    .send(agentecontrolador, achieve,finalizaproducao).

+!finalizaproducao(agentecentral,PR) <- .print("MENSAGEM DE FIM DE CICLO RECEBIDA");
    .send(agentecontrolador,achieve,PR).

+!atualizacrencaproducao(agentecentral,PR): id_funcao(ID) & qmoeda(IDM,MOEDA)<-
    -+qpeditototal(0); -+qprod(0);
    -+numaceites(0); -+numrecusas(0); -+numrespostas(0);
    -id_funcao(ID)[source(agentecentral)];
    .print("Atualizar crencas para novo periodo");
    .send(agentecontrolador,achieve,atualizamoeda(IDM,MOEDA));
    -qmoeda(IDM,MOEDA);
    +qmoeda(e,0);
    .send(agentecontrolador,achieve,PR).

////////////////////////////////////
//COMPORTAMENTO DE CONSUMIDOR CENTRAL

+!iniciaconsumo: qest(QESTOQUE) & qnec(QNEC) &
    id_nec(NID) & qnecmax(NID,NecMaxima) & necciclo(NID,NecCiclo)<-
    NecTemp = QNEC + NecCiclo;
    if (NecTemp < NecMaxima | NecTemp = NecMaxima)
    {
        .print("Quantidade em estoque:] ",QESTOQUE);
        -+qnec(NecTemp);
        QPEDIDO = NecTemp - QESTOQUE;
        .print("Quantidade pedida:] ",QPEDIDO);
        !solicitapreco(QPEDIDO);
        -+qpedido(QPEDIDO)
    }
    {
        .print("Necessidade máxima atingida");
        .send(agentecontrolador, achieve, finalizaconsumo)
    }.

+!solicitapreco(QPEDIDO) : true <-
    .send(agente1, achieve, calculaprecooferta(agente1,QPEDIDO)).

+!proposta(agente1, PRECOprod): qpedido(QPEDIDO) & precoprod1(PRECO) <-
    -+precoprod1(PRECO +PRECOprod);
    ?precoprod1(PRECOprod11);
    !solicitapreco2(QPEDIDO).

+!solicitapreco2(QPEDIDO) : true <-
    .send(agente2, achieve, calculaprecooferta(agente2,QPEDIDO)).

+!proposta(agente2, PRECOprod): qpedido(QPEDIDO) & precoprod2(PRECO) <-
    -+precoprod2(PRECO +PRECOprod);
    ?precoprod2(PRECOprod22);
    !solicitapreco3(QPEDIDO).

```

```

+!solicitapreco3(QPEDIDO) : true <-
    .send(agente3, achieve, calculaprecooferta(agente3,QPEDIDO)).

+!proposta(agente3, PRECOpod3): qpedido(QPEDIDO) & precoprod3(PRECO) <-
    -+precoprod3(PRECO +PRECOpod3);
    ?precoprod3(PRECOpod33);
    !analisaopostas(QPEDIDO).

+!analisaopostas(QPEDIDO): precoprod1(PRECOpod1) & precoprod2(PRECOpod2) &
    precoprod3(PRECOpod3) & qpedido(QPEDIDO) & qest(QESTOQUE) & qmoeda(IDM,MOEDA) <-
    !calculaprecoDemanda(QPEDIDO,QESTOQUE,0, PrecoDemanda);
    .print("Preço total:] ",PrecoDemanda);
    .print("Quantidade de moeda:] ", MOEDA);

if((PRECOpod1 < PRECOpod2) & (PRECOpod1 < PRECOpod3) &
    (PRECOpod1< PrecoDemanda | PRECOpod1 = PrecoDemanda) &
    (MOEDA > PRECOpod1 | MOEDA = PRECOpod1))
{
    .print("Melhor proposta: agente1]");
    .send(agente1, achieve,
    atualizaproducao(PRECOpod1,QPEDIDO,consumorealizado(agente1, PRECOpod1)))
}
{
    if((PRECOpod2 < PRECOpod1) & (PRECOpod2 < PRECOpod3) &
    (PRECOpod2< PrecoDemanda | PRECOpod2 = PrecoDemanda) &
    (MOEDA > PRECOpod2 | MOEDA = PRECOpod2))
    {
        .print("Melhor proposta: agente2]");
        .send(agente2, achieve,
        atualizaproducao(PRECOpod2,QPEDIDO,consumorealizado(agente2, PRECOpod2)))
    }
    {
        if((PRECOpod3 < PRECOpod1) & (PRECOpod3 < PRECOpod1) &
        (PRECOpod3< PrecoDemanda | PRECOpod3 = PrecoDemanda) &
        (MOEDA > PRECOpod3 | MOEDA = PRECOpod3))
        {
            .print("Melhor proposta: agente3]");
            .send(agente3, achieve,
            atualizaproducao(PRECOpod3,QPEDIDO,consumorealizado(agente3, PRECOpod3)))
        }
        {
            .print("Negociacao recusada]");
            !consumonaorealizado
        }
    }
}
}.

+!calculaprecoDemanda(0,QESTOQUE,Pago, Pago).
+!calculaprecoDemanda(QPEDIDO,QESTOQUE,Pago, PrecoDemanda):
    id_funcao(ID) & funcaoDemanda(ID,QESTOQUE,PCagtemp) <-
    QPEDIDOTEMP = QPEDIDO -1;
    QESTOQUETEMP = QESTOQUE + 1;
    Pagotemp = Pago + PCagtemp;
    !calculaprecoDemanda(QPEDIDOTEMP, QESTOQUETEMP, Pagotemp, PrecoDemanda).

+!consumorealizado(agente1,PRECOpod1):
    qest(QESTOQUE) & qpedido(QPEDIDO) & qmoeda(IDM,MOEDA) <-
    -+qest(QESTOQUE + QPEDIDO);
    -+qmoeda(IDM,MOEDA - PRECOpod1);
    -+precoprod1(0);
    -+precoprod2(0);
    -+precoprod3(0);
    ?qmoeda(IDM,QMOEDANOVO);
    ?qest(QESTOQUENOVO);
    .print("Novo estoque:] ", QESTOQUENOVO);
    .print("Quantidade de moeda apos compra:] ", QMOEDANOVO);
    .send(agentecontrolador, achieve, finalizaconsumo).

+!consumorealizado(agente2,PRECOpod2):
    qest(QESTOQUE) & qpedido(QPEDIDO) & qmoeda(IDM,MOEDA) <-
    -+qest(QESTOQUE + QPEDIDO);

```

```

    -+qmoeda(IDM,MOEDA - PRECOpod2);
    -+precoprod1(0);
    -+precoprod2(0);
    -+precoprod3(0);
    ?qmoeda(IDM,QMOEDANOVO);
    ?gest(QESTOQUENOVO);
    .print("Novo estoque:] ", QESTOQUENOVO);
    .print("Quantidade de moeda apos compra:] ", QMOEDANOVO);
    .send(agentecontrolador, achieve, finalizaconsumo).

+!consumorealizado(agente3,PRECOpod3):
    gest(QESTOQUE) & qpedido(QPEDIDO) & qmoeda(IDM,MOEDA) <-
    -+gest(QESTOQUE + QPEDIDO);
    -+qmoeda(IDM, MOEDA - PRECOpod3);
    -+precoprod1(0);
    -+precoprod2(0);
    -+precoprod3(0);
    ?qmoeda(IDM,QMOEDANOVO);
    ?gest(QESTOQUENOVO);
    .print("Novo estoque:] ", QESTOQUENOVO);
    .print("Quantidade de moeda apos compra:] ", QMOEDANOVO);
    .send(agentecontrolador, achieve, finalizaconsumo).

//@rec[atomic]
+!consumonaorealizado: gest(QESTOQUE) <-
    -+precoprod1(0);
    -+precoprod2(0);
    -+precoprod3(0);
    .print("Negociacao nao aceita");
    .print("Novo estoque:] ", QESTOQUE);
    .send(agentecontrolador, achieve, finalizaconsumo).

+!finalizaconsumo(agentecentral,PR) <-
    .print("MENSAGEM DE FIM DE CICLO RECEBIDA");
    .send(agentecontrolador,achieve,PR).

+!atualizacrencaconsumo(agentecentral,PR): id_funcao(ID) & id_nec(NID) & qmoeda(IDM,MOEDA)<-
    -+gest(0); -+qnec(0);-+qpedido(0);
    -id_funcao(ID)[source(agentecontrolador)]; -id_nec(NID)[source(agentecontrolador)];
    .print("Atualizar crenças para novo periodo");
    .send(agentecontrolador,achieve,atualizamoeda(IDM,MOEDA));
    -qmoeda(IDM,MOEDA);
    +qmoeda(e,0);
    .send(agentecontrolador,achieve,PR).

```

ANEXO C

Código do agente periférico 1.

```
// Agent agente1 in project mercado.mas2j

////////////////////////////////////

/* Initial beliefs and rules */

//Funcoes de oferta para consumidores periféricos
funcaooferta(ppa,Q,P) :- P = 5 + Q *(95 / 100).
funcaooferta(ppb,Q,P) :- P = 10 + Q *(90 / 100).
funcaooferta(ppc,Q,P) :- P = 15 + Q *(85 / 100).
funcaooferta(ppd,Q,P) :- P = 20 + Q *(80 / 100).

//Funcoes de demanda para consumidores periféricos
funcaodemanda(cpa,Q,P) :- P = 130 - Q.
funcaodemanda(cpb,Q,P) :- P = 120 - Q.
funcaodemanda(cpc,Q,P) :- P = 110 - Q.
funcaodemanda(cpd,Q,P) :- P = 100 - Q.

//Necessidade por ciclo
necciclo(a,NecCiclo) :- NecCiclo = 4.
necciclo(b,NecCiclo) :- NecCiclo = 3.
necciclo(c,NecCiclo) :- NecCiclo = 2.
necciclo(d,NecCiclo) :- NecCiclo = 1.

//Necessidade máxima por periodo
qneccmax(a,NecMaxima) :- NecMaxima = 40.
qneccmax(b,NecMaxima) :- NecMaxima = 30.
qneccmax(c,NecMaxima) :- NecMaxima = 20.
qneccmax(d,NecMaxima) :- NecMaxima = 10.

////////////////////////////////////

controleagentes(0).
qmoeda(e,0).

//----- CRENCAS PRODUCAO -----

qprod(0).

//----- CRENCAS CONSUMO -----

gest(0).
qnec(0).

/* Initial goals */

/* Plans */

//PR - Plano de Resposta
+!controleagentes(ControleAgentes,PR): controleagentes(ControleAgentesPre) <-
    +controleagentes(ControleAgentes);
    .print("Agentes no mercado: ]",ControleAgentes);
    .send(agentecontrolador, achieve, PR).
```

```

+!controlemoeda(IDM,MOEDA,PR): qmoeda(IDMPre,MOEDAPre) <-
  +qmoeda(IDM,MOEDA);
  .print("Identificador da moeda: ]",IDM);
  .print("Quantidade inicial de moeda: ]",MOEDA);
  .send(agentecontrolador, achieve, PR).

////////////////////////////////////
//COMPORTAMENTO DE CONSUMIDOR PERIFERICO

+!inicia(PR): qest(QESTOQUE) & qnec(QNEC) &
  id_nec(NID) & qnecmax(NID,NecMaxima) & necciclo(NID,NecCiclo) <-
  NecTemp = QNEC + NecCiclo;
  if (NecTemp < NecMaxima | NecTemp = NecMaxima)
  {
    .print("Quantidade em estoque:] ",QESTOQUE);
    +qnec(NecTemp);
    QPEDIDO = NecTemp - QESTOQUE;
    .print("Quantidade pedida:] ",QPEDIDO);
    !solicitapreco(QPEDIDO,PR);
    +qpedido(QPEDIDO)
  }
  {
    .print("Estoque cheio");
    QPEDIDO = 0;
    .print("PEDIDO]",QPEDIDO);
    !solicitapreco(QPEDIDO,PR);
    +qpedido(QPEDIDO)
  }.

+!solicitapreco(QPEDIDO,PR) : true <-
  .send(agentecentral, achieve, somapedidos(agentel, QPEDIDO,PR)).

+!analysaproposta(agentel, PrecoOferta):
  qpedido(QPEDIDO) & qest(QESTOQUE) & qmoeda(IDM,MOEDA) <-
  !calculaprecodemanda(QPEDIDO,QESTOQUE,0, PrecoDemanda);
  .print("Quantidade de moeda:] ", MOEDA);
  ?qmoeda(IDM,MOEDA);
  if (((PrecoOferta < PrecoDemanda | PrecoOferta = PrecoDemanda) &
  (MOEDA > PrecoOferta | MOEDA = PrecoOferta))) | (QPEDIDO=0))
  {
    .print("Pedi:] ",QPEDIDO);
    .print("Pagaria:] ",PrecoDemanda);
    .print("Preço recebido:] ",PrecoOferta);
    .send(agentecentral, achieve, somarespostas(propostaaceital,PrecoOferta));
    .print("Negociacao aceita")
  }
  {
    .print("Pedi:] ",QPEDIDO);
    .print("Pago no maximo:] ",PrecoDemanda);
    .send(agentecentral, achieve, somarespostas(propostarecusadal,PrecoOferta))
  }.

+!calculaprecodemanda(0,QESTOQUE,Pago, Pago).
+!calculaprecodemanda(QPEDIDOAg,QESTOQUE,Pago, PrecoDemanda):
  id_funcao(ID) & funcaodemanda(ID,QESTOQUE,PCagtemp) <-
  QPEDIDOAgTEMP = QPEDIDOAg -1;
  QESTOQUETEMP = QESTOQUE + 1;
  Pagotemp = Pago + PCagtemp;
  !calculaprecodemanda(QPEDIDOAgTEMP, QESTOQUETEMP, Pagotemp, PrecoDemanda).

+!aceita(agentel, PrecoOferta,QPedidoTotal,PR):
  qest(QESTOQUE) & qpedido(QPEDIDO) & qmoeda(IDM,MOEDA) <-
  +qest(QESTOQUE + QPEDIDO);
  +qmoeda(IDM,MOEDA - PrecoOferta);
  ?qmoeda(IDM,QMOEDANOVO);
  ?qest(QESTOQUENOVO);
  .print("Novo estoque:] ", QESTOQUENOVO);
  .print("Quantidade de moeda apos compra:] ", QMOEDANOVO);
  .send(agentecentral, achieve, PR).

+!recusa(agentel,PR): qest(QESTOQUE) <-

```

```

.print("Negociacao nao aceita");
.print("Novo estoque:] ", QESTOQUE);
.send(agentecontrolador, achieve, PR).

+!finalizaproducao(agentel,PR) <- .print("MENSAGEM DE FIM DE CICLO RECEBIDA");
.send(agentecontrolador, achieve, PR).

+!atualizacrencaproducao(agentel,PR): id_funcao(ID) & id_nec(NID) & qmoeda(IDM,MOEDA) <-
  -+qgest(0); -+qnec(0); -+qpedido(0);
  -id_funcao(ID) [source(agentecontrolador)]; -id_nec(NID) [source(agentecontrolador)];
  .print("Atualizar crenças para novo período");
  .send(agentecontrolador, achieve, atualizamoeda(IDM,MOEDA));
  -qmoeda(IDM,MOEDA);
  +qmoeda(e,0);
  .send(agentecontrolador, achieve, PR).

////////////////////////////////////
//COMPORTAMENTO DE PRODUTOR PERIFERICO

+!calculaprecooferta(agentel,QPEDIDO) [source (N)] : qprod(QPRODUZIDA) <-
  !calculaprecototal(QPEDIDO ,QPRODUZIDA ,0 , PRECOprod1);
  .print("Preço:] ", PRECOprod1).

+!calculaprecototal(0,QPRODUZIDA,Cobro, Cobro): true <-
  .send(agentecontrolador, achieve, proposta(agentel, Cobro)).
+!calculaprecototal(QPEDIDO,QPRODUZIDA,Cobro, PRECOprod1):
  id_funcao(ID) & funcaooferta(ID,QPRODUZIDA,PProdtemp) <-
  QPEDIDOTEMP = QPEDIDO -1;
  QPRODUZIDATEMP = QPRODUZIDA + 1;
  Cobrotemp = Cobro + PProdtemp;
  !calculaprecototal(QPEDIDOTEMP, QPRODUZIDATEMP, Cobrotemp, PRECOprod1).

@am[atomic]
+!atualizaproducao(PRECOprod1,QPEDIDO,PR): qmoeda(IDM,MOEDA) & qprod(QPRODUZIDA) <-
  -+qmoeda(IDM,MOEDA + PRECOprod1);
  -+qprod(QPRODUZIDA+ QPEDIDO);
  ?qmoeda(IDM,QMOEDANOVO1);
  ?qprod(QPRODUZIDA1);
  .print("Quantidade de moeda apos venda:] ", QMOEDANOVO1);
  .print("Quantidade vendida:] ", QPRODUZIDA1);
  .send(agentecontrolador, achieve, PR).

+!finalizaconsumo(agentel,PR) <- .print("MENSAGEM DE FIM DE CICLO RECEBIDA");
  .send(agentecontrolador, achieve, PR).

+!atualizacrencaconsumo(agentel,PR): id_funcao(ID) & qmoeda(IDM,MOEDA) <-
  -+qprod(0);
  -id_funcao(ID) [source(agentecontrolador)];
  .print("Atualizar crenças para novo período");
  .send(agentecontrolador, achieve, atualizamoeda(IDM,MOEDA));
  -qmoeda(IDM,MOEDA);
  +qmoeda(e,0);
  .send(agentecontrolador, achieve, PR).

```

ANEXO D

Código do agente periférico 2.

```
// Agent agente2 in project mercado.mas2j

////////////////////////////////////

/* Initial beliefs and rules */

//Funcoes de oferta para consumidores periféricos
funcaooferta(ppa,Q,P) :- P = 5 + Q *(95 / 100).
funcaooferta(ppb,Q,P) :- P = 10 + Q *(90 / 100).
funcaooferta(ppc,Q,P) :- P = 15 + Q *(85 / 100).
funcaooferta(ppd,Q,P) :- P = 20 + Q *(80 / 100).

//Funcoes de demanda para consumidores periféricos
funcaodemanda(cpa,Q,P) :- P = 130 - Q.
funcaodemanda(cpb,Q,P) :- P = 120 - Q.
funcaodemanda(cpc,Q,P) :- P = 110 - Q.
funcaodemanda(cpd,Q,P) :- P = 100 - Q.

//Necessidade por ciclo
necciclo(a,NecCiclo) :- NecCiclo = 4.
necciclo(b,NecCiclo) :- NecCiclo = 3.
necciclo(c,NecCiclo) :- NecCiclo = 2.
necciclo(d,NecCiclo) :- NecCiclo = 1.

//Necessidade máxima por periodo
qneccmax(a,NecMaxima) :- NecMaxima = 40.
qneccmax(b,NecMaxima) :- NecMaxima = 30.
qneccmax(c,NecMaxima) :- NecMaxima = 20.
qneccmax(d,NecMaxima) :- NecMaxima = 10.

////////////////////////////////////

controleagentes(0).
qmoeda(e,0).

//----- CRENCAS PRODUCAO -----

qprod(0).

//----- CRENCAS CONSUMO -----

gest(0).
qnecc(0).

/* Initial goals */

/* Plans */

+!controleagentes(ControleAgentes,PR): controleagentes(ControleAgentesPre) <-
    +controleagentes(ControleAgentes);
    .print("Agentes no mercado: ]",ControleAgentes);
    .send(agentecontrolador, achieve, PR).
```

```

+!controlemoeda(IDM, MOEDA, PR): qmoeda(IDMPre,MOEDAPre) <-
  +qmoeda(IDM,MOEDA);
  .print("Identificador da moeda: ]",IDM);
  .print("Quantidade inicial de moeda: ]",MOEDA);
  .send(agentecontrolador, achieve, PR).

////////////////////////////////////
//COMPORTAMENTO DE CONSUMIDOR PERIFERICO

+!inicia(PR): qest(QESTOQUE) & qnec(QNEC) &
  id_nec(NID) & qnecmax(NID,NecMaxima) & necciclo(NID,NecCiclo) <-
  NecTemp = QNEC + NecCiclo;
  if (NecTemp < NecMaxima | NecTemp = NecMaxima)
  {
    .print("Quantidade em estoque:] ",QESTOQUE);
    +qnec(NecTemp);
    QPEDIDO = NecTemp - QESTOQUE;
    .print("Quantidade pedida:] ",QPEDIDO);
    !solicitapreco(QPEDIDO,PR);
    +qpedido(QPEDIDO)
  }
  {
    .print("Estoque cheio]");
    QPEDIDO = 0;
    .print("PEDIDO]",QPEDIDO);
    !solicitapreco(QPEDIDO,PR);
    +qpedido(QPEDIDO)
  }.

+!solicitapreco(QPEDIDO,PR) : true <-
  .send(agentecentral, achieve, somapedidos(agente2, QPEDIDO,PR)).

+!analisa proposta(agente2, PrecoOferta) :
  qpedito(QPEDIDO) & qest(QESTOQUE) & qmoeda(IDM,MOEDA) <-
  .print("Preço recebido:] ",PrecoOferta);
  !calculaprecodemanda(QPEDIDO,QESTOQUE,0, PrecoDemanda);
  .print("Quantidade de moeda:] ", MOEDA);
  ?qmoeda(IDM,MOEDA);
  if (((PrecoOferta < PrecoDemanda | PrecoOferta = PrecoDemanda) &
(MOEDA > PrecoOferta | MOEDA = PrecoOferta)))| (QPEDIDO=0))
  {
    .print("Pedi:] ",QPEDIDO);
    .print("Pagaria:] ",PrecoDemanda);
    .send(agentecentral, achieve, somarespostas(propostaaceita2,PrecoOferta));
    .print("Negociacao aceita]")
  }
  {
    .print("Pedi:] ",QPEDIDO);
    .print("Pago no maximo:] ",PrecoDemanda);
    .send(agentecentral, achieve, somarespostas(propostarecusada2,PrecoOferta))
  }.

+!calculaprecodemanda(0,QESTOQUE,Pago, Pago).
+!calculaprecodemanda(QPEDIDOAg,QESTOQUE,Pago, PrecoDemanda):
  id_funcao(ID) & funcaodemanda(ID,QESTOQUE,PCagtemp) <-
  QPEDIDOAgTEMP = QPEDIDOAg -1;
  QESTOQUETEMP = QESTOQUE + 1;
  Pagotemp = Pago + PCagtemp;
  !calculaprecodemanda(QPEDIDOAgTEMP, QESTOQUETEMP, Pagotemp, PrecoDemanda).

+!aceita(agente2,PrecoOferta,QPedidoTotal,PR):
  qest(QESTOQUE) & qpedito(QPEDIDO) & qmoeda(IDM,MOEDA) <-
  +qest(QESTOQUE + QPEDIDO);
  +qmoeda(IDM,MOEDA - PrecoOferta);
  ?qmoeda(IDM,QMOEDANOVO);
  ?qest(QESTOQUENOVO);
  .print("Novo estoque:] ", QESTOQUENOVO);
  .print("Quantidade de moeda apos compra:] ", QMOEDANOVO);
  .send(agentecentral, achieve, PR).

+!recusa(agente2,PR): qest(QESTOQUE) <-
  .print("Negociacao nao aceita]");

```

```

.print("Novo estoque:] ", QESTOQUE);
.send(agentecentral, achieve, PR).

+!finalizaproducao(agente2,PR) <- .print("MENSAGEM DE FIM DE CICLO RECEBIDA");
.send(agentecentralizador,achieve,PR).

+!atualizacrencaproducao(agente2,PR): id_funcao(ID) & id_nec(NID)&qmoeda(IDM,MOEDA) <-
  -+gest(0); -+qnec(0); -+qpedido(0);
  -id_funcao(ID)[source(agentecentralizador)]; -id_nec(NID)[source(agentecentralizador)];
  .print("Atualizar crenças para novo período");
  .send(agentecentralizador,achieve,atualizamoeda(IDM,MOEDA));
  -qmoeda(IDM,MOEDA);
  +qmoeda(e,0);
  .send(agentecentralizador,achieve,PR).

////////////////////////////////////
//COMPORTAMENTO DE PRODUTOR PERIFERICO

+!calculaprecooferta(agente2,QPEDIDO)[source(N)] : qprod(QPRODUZIDA) <-
  !calculaprecototal(QPEDIDO ,QPRODUZIDA ,0 , PRECOprod2);
  .print("Preço:] ", PRECOprod2).

+!calculaprecototal(0,QPRODUZIDA,Cobro, Cobro): true <-
  .send(agentecentral, achieve, proposta(agente2, Cobro)).
+!calculaprecototal(QPEDIDO,QPRODUZIDA,Cobro, PRECOprod2):
  id_funcao(ID) & funcaooferta(ID,QPRODUZIDA,PProdtemp) <-
  QPEDIDOTEMP = QPEDIDO -1;
  QPRODUZIDATEMP = QPRODUZIDA + 1;
  Cobrotemp = Cobro + PProdtemp;
  !calculaprecototal(QPEDIDOTEMP, QPRODUZIDATEMP, Cobrotemp, PRECOprod2).

@am[atomic]
+!atualizaproducao(PRECOprod2,QPEDIDO,PR): qmoeda(IDM,MOEDA) & qprod(QPRODUZIDA)<-
  -+qmoeda(IDM,MOEDA + PRECOprod2);
  -+qprod(QPRODUZIDA+ QPEDIDO);
  ?qmoeda(IDM,QMOEDANOVO2);
  ?qprod(QPRODUZIDA2);
  .print("Quantidade de moeda após venda:] ", QMOEDANOVO2);
  .print("Quantidade vendida:] ", QPRODUZIDA2);
  .send(agentecentral,achieve,PR).

+!finalizaconsumo(agente2,PR) <- .print("MENSAGEM DE FIM DE CICLO RECEBIDA");
  .send(agentecentralizador,achieve,PR).

+!atualizacrencaconsumo(agente2,PR): id_funcao(ID) & qmoeda(IDM,MOEDA) <-
  -+qprod(0);
  -id_funcao(ID)[source(agentecentralizador)];
  .print("Atualizar crenças para novo período");
  .send(agentecentralizador,achieve,atualizamoeda(IDM,MOEDA));
  -qmoeda(IDM,MOEDA);
  +qmoeda(e,0);
  .send(agentecentralizador,achieve,PR).

```

ANEXO E

Código do agente periférico 3.

```
// Agent agente3 in project mercado.mas2j

////////////////////////////////////

/* Initial beliefs and rules */

//Funcoes de oferta para consumidores periféricos
funcaooferta(ppa,Q,P) :- P = 5 + Q *(95 / 100).
funcaooferta(ppb,Q,P) :- P = 10 + Q *(90 / 100).
funcaooferta(ppc,Q,P) :- P = 15 + Q *(85 / 100).
funcaooferta(ppd,Q,P) :- P = 20 + Q *(80 / 100).

//Funcoes de demanda para consumidores periféricos
funcaodemanda(cpa,Q,P) :- P = 130 - Q.
funcaodemanda(cpb,Q,P) :- P = 120 - Q.
funcaodemanda(cpc,Q,P) :- P = 110 - Q.
funcaodemanda(cpd,Q,P) :- P = 100 - Q.

//Necessidade por ciclo
necciclo(a,NecCiclo) :- NecCiclo = 4.
necciclo(b,NecCiclo) :- NecCiclo = 3.
necciclo(c,NecCiclo) :- NecCiclo = 2.
necciclo(d,NecCiclo) :- NecCiclo = 1.

//Necessidade máxima por periodo
qnecmax(a,NecMaxima) :- NecMaxima = 40.
qnecmax(b,NecMaxima) :- NecMaxima = 30.
qnecmax(c,NecMaxima) :- NecMaxima = 20.
qnecmax(d,NecMaxima) :- NecMaxima = 10.

////////////////////////////////////

controleagentes(0).
qmoeda(e,0).

//----- CRENCAS PRODUCAO -----

qprod(0).

//----- CRENCAS CONSUMO -----

gest(0).
qnec(0).

/* Initial goals */

/* Plans */

+!controleagentes(ControleAgentes,PR): controleagentes(ControleAgentesPre) <-
    +controleagentes(ControleAgentes);
    .print("Agentes no mercado: ]",ControleAgentes);
    .send(agentecontrolador, achieve, PR).
```

```

+!controlemoeda(IDM, MOEDA, PR): qmoeda(IDMPre,MOEDAPre) <-
  +qmoeda(IDM,MOEDA);
  .print("Identificador da moeda: ]",IDM);
  .print("Quantidade inicial de moeda: ]",MOEDA);
  .send(agentecontrolador, achieve, PR).

////////////////////////////////////
//COMPORTAMENTO DE CONSUMIDOR PERIFERICO

+!inicia: gest(QESTOQUE) & qnec(QNEC) &
  id_nec(NID) & qnecmax(NID,NecMaxima) & necciclo(NID,NecCiclo) <-
  NecTemp = QNEC + NecCiclo;
  if (NecTemp < NecMaxima | NecTemp = NecMaxima)
  {
    .print("Quantidade em estoque:] ",QESTOQUE);
    +qnec(NecTemp);
    QPEDIDO = NecTemp - QESTOQUE;
    .print("Quantidade pedida:] ",QPEDIDO);
    !solicitapreco(QPEDIDO);
    +qpedido(QPEDIDO)
  }
  {
    .print("Estoque cheio]");
    QPEDIDO = 0;
    .print("PEDIDO]",QPEDIDO);
    !solicitapreco(QPEDIDO);
    +qpedido(QPEDIDO)
  }.

+!solicitapreco(QPEDIDO) : true <-
  .send(agentecentral, achieve, somapedidos(agente3, QPEDIDO)).

+!analisa proposta(agente3, PrecoOferta) :
  qpedito(QPEDIDO) & gest(QESTOQUE) & qmoeda(IDM,MOEDA) <-
  .print("Preço recebido:] ",PrecoOferta);
  !calculaprecodemanda(QPEDIDO,QESTOQUE,0, PrecoDemanda);
  .print("Quantidade de moeda:] ", MOEDA);
  ?qmoeda(IDM,MOEDA);
  if (((PrecoOferta < PrecoDemanda | PrecoOferta = PrecoDemanda) &
    (MOEDA > PrecoOferta | MOEDA = PrecoOferta))) | (QPEDIDO=0))
  {
    .print("Pedi:] ",QPEDIDO);
    .print("Pagaria:] ",PrecoDemanda);
    .send(agentecentral, achieve, somarespostas(propostaaceita3,PrecoOferta));
    .print("Negociacao aceita]")
  }
  {
    .print("Pedi:] ",QPEDIDO);
    .print("Pago no maximo:] ",PrecoDemanda);
    .send(agentecentral, achieve, somarespostas(propostarecusada3,PrecoOferta))
  }.

+!calculaprecodemanda(0,QESTOQUE,Pago, Pago).
+!calculaprecodemanda(QPEDIDOAg,QESTOQUE,Pago, PrecoDemanda):
  id_funcao(ID) & funcaodemanda(ID,QESTOQUE,PCagtemp) <-
  QPEDIDOAgTEMP = QPEDIDOAg -1;
  QESTOQUETEMP = QESTOQUE + 1;
  Pagotemp = Pago + PCagtemp;
  !calculaprecodemanda(QPEDIDOAgTEMP, QESTOQUETEMP, Pagotemp, PrecoDemanda).

+!aceita(agente3,PrecoOferta,QPedidoTotal,PR):
  gest(QESTOQUE) & qpedito(QPEDIDO) & qmoeda(IDM,MOEDA) <-
  +gest(QESTOQUE + QPEDIDO);
  +qmoeda(IDM,MOEDA - PrecoOferta);
  ?qmoeda(IDM,QMOEDANOVO);
  ?gest(QESTOQUENOVO);
  .print("Novo estoque:] ", QESTOQUENOVO);
  .print("Quantidade de moeda apos compra:] ", QMOEDANOVO);
  .send(agentecentral, achieve, PR).

+!recusa(agente3,PR): gest(QESTOQUE) <-
  .print("Negociacao nao aceita]");

```

```

.print("Novo estoque:] ", QESTOQUE);
.send(agentecentral, achieve, PR).

+!finalizaproducao(agente3,PR) <- .print("MENSAGEM DE FIM DE CICLO RECEBIDA");
.send(agentecentralizador,achieve,PR).

+!atualizacrencaproducao(agente3,PR): id_funcao(ID) & id_nec(NID)&qmoeda(IDM,MOEDA) <-
  +qgest(0); -+qnec(0);-+qpedido(0);
  -id_funcao(ID)[source(agentecentralizador)]; -id_nec(NID)[source(agentecentralizador)];
  .print("Atualiza crenças para novo período");
  .send(agentecentralizador,achieve,atualizamoeda(IDM,MOEDA));
  -qmoeda(IDM,MOEDA);
  +qmoeda(e,0);
  .send(agentecentralizador,achieve,PR).

////////////////////////////////////
//COMPORTAMENTO DE PRODUTOR PERIFERICO

+!calculaprecooferta(agente3,QPEDIDO)[source(N)] : qprod(QPRODUZIDA) <-
  !calculaprecototal(QPEDIDO ,QPRODUZIDA ,0 , PRECOprod3);
  .print("Preço:] ", PRECOprod3).

+!calculaprecototal(0,QPRODUZIDA,Cobro, Cobro): true <-
  .send(agentecentral, achieve, proposta(agente3, Cobro)).
+!calculaprecototal(QPEDIDO,QPRODUZIDA,Cobro, PRECOprod3):
  id_funcao(ID) & funcaooferta(ID,QPRODUZIDA,PProdtemp) <-
  QPEDIDOTEMP = QPEDIDO -1;
  QPRODUZIDATEMP = QPRODUZIDA + 1;
  Cobrotemp = Cobro + PProdtemp;
  !calculaprecototal(QPEDIDOTEMP, QPRODUZIDATEMP, Cobrotemp, PRECOprod3).

@am[atomic]
+!atualizaproducao(PRECOprod3,QPEDIDO,PR): qmoeda(IDM,MOEDA) & qprod(QPRODUZIDA)<-
  -+qmoeda(IDM,MOEDA + PRECOprod3);
  -+qprod(QPRODUZIDA+ QPEDIDO);
  ?qmoeda(IDM,QMOEDANOVO3);
  ?qprod(QPRODUZIDA3);
  .print("Quantidade de moeda após venda:] ", QMOEDANOVO3);
  .print("Quantidade vendida:] ", QPRODUZIDA3);
  .send(agentecentral,achieve,PR).

+!finalizaconsumo(agente3,PR) <- .print("MENSAGEM DE FIM DE CICLO RECEBIDA");
  .send(agentecentralizador,achieve,PR).

+!atualizacrencaconsumo(agente3,PR): id_funcao(ID) &qmoeda(IDM,MOEDA) <-
  -+qprod(0);
  -id_funcao(ID)[source(agentecentralizador)];
  .print("Atualizar crenças para novo período");
  .send(agentecentralizador,achieve,atualizamoeda(IDM,MOEDA));
  -qmoeda(IDM,MOEDA);
  +qmoeda(e,0);
  .send(agentecentralizador,achieve,PR).

```

ANEXO F

Os resultados dos dois primeiros períodos de uma simulação de dez períodos foram apresentados no Capítulo 9, os resultados obtidos com os oito períodos restantes serão apresentados a seguir.

O terceiro período simulado é um período de produção, com arranjo de negociação 3, onde o agente *B* age de acordo com o seu comportamento de produtor central e os demais, de acordo com os respectivos comportamentos de consumidores periféricos. No primeiro ciclo ocorre a aceitação da negociação por parte de todos os consumidores periféricos, sendo esta, então, efetivada. Nos outros três ciclos de negociação o agente *D* recusa a oferta por não estar de acordo com a sua demanda, logo as negociações não são efetivadas. Os resultados da simulação do terceiro período podem ser observados na Tabela 10.1.

Tabela 10.1: Resultado da simulação do período 3: produção

Período 3: Produção											
Ciclo: 1	Arranjo: 2	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Produtor Central	B		2179.4	0		88.9				2268.3	7
Consumidor Periférico 1	C	0	3065.1		2		219	Aceita	2	2976.2	
Consumidor Periférico 2	D	0	4000		1		100	Aceita	1	3911.1	
Consumidor Periférico 3	A	0	755.5		4		514	Aceita	4	666.6	

Período 3: Produção											
Ciclo: 2	Arranjo: 2	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Produtor Central	B		2268.3	7		133				2268.3	7
Consumidor Periférico 1	C	2	2976.2		2		215	Aceita	2	2976.2	
Consumidor Periférico 2	D	1	3911.1		1		99	Recusa	1	3911.1	
Consumidor Periférico 3	A	4	666.6		4		498	Aceita	4	666.6	

Período 3: Produção											
Ciclo: 3	Arranjo: 2	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Produtor Central	B		2268.3	7		310.1				2268.3	7
Consumidor Periférico 1	C	2	2976.2		4		426	Aceita	2	2976.2	
Consumidor Periférico 2	D	1	3911.1		2		197	Recusa	1	3911.1	
Consumidor Periférico 3	A	4	666.6		8		980	Aceita	4	666.6	

Período 3: Produção											
Ciclo: 4	Arranjo: 2	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Produtor Central	B		2268.3	7		531.3				2268.3	7
Consumidor Periférico 1	C	2	2976.2		6		633	Aceita	2	2976.2	
Consumidor Periférico 2	D	1	3911.1		3		294	Recusa	1	3911.1	
Consumidor Periférico 3	A	4	666.6		12		1446	Aceita	4	666.6	

O quarto período simulado também é um período de produção, com arranjo de

negociação 1. Neste período, nos dois primeiros ciclos, as negociações são efetivadas, nos dois últimos ciclos, o agente *D* recusa as ofertas e as negociações não são efetivadas, os resultados podem ser observados na Tabela 10.2.

Tabela 10.2: Resultado da simulação do período 4: produção

Período 4: Produção											
Ciclo: 1	Arranjo: 1	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Produtor Central	A		666.6	0		44.25				710.85	6
Consumidor Periférico 1	B	0	2268.3		3		357	Aceita	3	2224.05	
Consumidor Periférico 2	C	0	2976.2		2		219	Aceita	2	2931.95	
Consumidor Periférico 3	D	0	3911.1		1		100	Aceita	1	3866.85	

Período 4: Produção											
Ciclo: 2	Arranjo: 1	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Produtor Central	A		710.85	6		78.45				789.3	12
Consumidor Periférico 1	B	3	2224.05		3		348	Aceita	6	2145.60	
Consumidor Periférico 2	C	2	2931.95		2		215	Aceita	4	2853.5	
Consumidor Periférico 3	D	1	3866.85		1		99	Aceita	2	3788.4	

Período 4: Produção											
Ciclo: 3	Arranjo: 1	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Produtor Central	A		789.3	12		112.65				789.3	12
Consumidor Periférico 1	B	6	2145.60		3		339	Aceita	6	2145.60	
Consumidor Periférico 2	C	4	2853.5		2		211	Aceita	4	2853.5	
Consumidor Periférico 3	D	2	3788.4		1		98	Recusa	2	3788.4	

Período 4: Produção											
Ciclo: 4	Arranjo: 1	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Produtor Central	A		789.3	12		259.5				789.3	12
Consumidor Periférico 1	B	6	2145.60		6		669	Aceita	6	2145.60	
Consumidor Periférico 2	C	4	2853.5		4		418	Aceita	4	2853.5	
Consumidor Periférico 3	D	2	3788.4		2		195	Recusa	2	3788.4	

O quinto período simulado, é um período de consumo com arranjo de negociação 4, onde o agente *D* corresponde ao seu comportamento de consumidor central e os demais agentes aos respectivos comportamentos de produtores periféricos. Nos quatro ciclos deste período, o agente *D* realiza suas trocas econômicas com o agente *A*, por este possuir o menos preço de oferta. Resultados na Tabela 10.3.

Um período de consumo com arranjo de negociação 2 é simulado no sexto período. Assim como no período anterior, o agente consumidor central efetiva a negociação dos quatro ciclos com o agente *A*, por este possuir o menos preço de oferta. A Tabela 10.4 mostra os resultados desta simulação.

O sétimo período corresponde a uma simulação de um ciclo de produção com arranjo de negociação 4. No primeiro ciclo, todos os consumidores periféricos aceitam a negociação e ocorrem as trocas econômicas. No segundo e terceiro ciclo, o agente *C* recusa a oferta, por esta não estar de acordo com a sua demanda. No quarto ciclo pode-se observar um caso particular de negociação onde o agente *A* recusa a oferta, apesar de estar de acordo com a sua demanda, pelo fato de não possuir orçamento suficiente para a efetivação da negociação. Os resultados desta simulação podem ser observados na Tabela 10.5.

O oitavo período de consumo ocorre nos parâmetros de arranjo de negociação 2 e possui resultados semelhantes ao sexto período, simulado com o mesmo arranjo de negociação. O mesmo ocorre com o nono período em relação ao quarto período: períodos de

Tabela 10.3: Resultado da simulação do período 5: consumo

Período 5: Consumo											
Ciclo: 1	Arranjo: 4	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Consumidor Central	D	0	3788.4		1		100		1	3783.4	
Produtor Periférico 1	A		789.3	0		5		Aceita		794.3	1
Produtor Periférico 2	B		2145.60	0		10				2145.60	0
Produtor Periférico 3	C		2853.5	0		15				2853.5	0

Período 5: Consumo											
Ciclo: 2	Arranjo: 4	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Consumidor Central	D	1	3783.4		1		99		2	3777.45	
Produtor Periférico 1	A		794.3	1		5.95		Aceita		800.25	2
Produtor Periférico 2	B		2145.60	0		10				2145.60	0
Produtor Periférico 3	C		2853.5	0		15				2853.5	0

Período 5: Consumo											
Ciclo: 3	Arranjo: 4	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Consumidor Central	D	2	3777.45		1		98		3	3770.55	
Produtor Periférico 1	A		800.25	2		6.9		Aceita		807.15	3
Produtor Periférico 2	B		2145.60	0		10				2145.60	0
Produtor Periférico 3	C		2853.5	0		15				2853.5	0

Período 5: Consumo											
Ciclo: 4	Arranjo: 4	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Consumidor Central	D	3	3770.55		1		97		4	3762.70	
Produtor Periférico 1	A		807.15	3		7.85		Aceita		815	4
Produtor Periférico 2	B		2145.60	0		10				2145.60	0
Produtor Periférico 3	C		2853.5	0		15				2853.5	0

Tabela 10.4: Resultado da simulação do período 6: consumo

Período 6: Consumo											
Ciclo: 1	Arranjo: 2	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Consumidor Central	B	0	2145.60		3		357		3	2127.75	
Produtor Periférico 1	C		2853.5	0		47.55				2853.5	0
Produtor Periférico 2	D		3762.70	0		62.4				3762.70	0
Produtor Periférico 3	A		815	0		17.85		Aceita		832.85	3

Período 6: Consumo											
Ciclo: 2	Arranjo: 2	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Consumidor Central	B	3	2127.75		3		348		6	2101.35	
Produtor Periférico 1	C		2853.5	0		47.55				2853.5	0
Produtor Periférico 2	D		3762.70	0		62.4				3762.70	0
Produtor Periférico 3	A		832.85	3		26.4		Aceita		859.25	6

Período 6: Consumo											
Ciclo: 3	Arranjo: 2	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Consumidor Central	B	6	2101.35		3		339		9	2066.40	
Produtor Periférico 1	C		2853.5	0		47.55				2853.5	0
Produtor Periférico 2	D		3762.70	0		62.4				3762.70	0
Produtor Periférico 3	A		859.25	6		34.95		Aceita		894.2	9

Período 6: Consumo											
Ciclo: 4	Arranjo: 2	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Consumidor Central	B	9	2066.40		3		330		12	2022.90	
Produtor Periférico 1	C		2853.5	0		47.55				2853.5	0
Produtor Periférico 2	D		3762.70	0		62.4				3762.70	0
Produtor Periférico 3	A		894.2	9		43.5		Aceita		937.7	12

Tabela 10.5: Resultado da simulação do período 7: produção

Período 7: Produção											
Ciclo: 1	Arranjo: 4	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Produtor Central	D		3762.70	0		208.8				3971.50	9
Consumidor Periférico 1	A	0	937.7		4		514	Aceita	4	728.90	
Consumidor Periférico 2	B	0	2022.90		3		357	Aceita	3	1814.10	
Consumidor Periférico 3	C	0	2853.5		2		219	Aceita	2	2644.7	

Período 7: Produção											
Ciclo: 2	Arranjo: 4	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Produtor Central	D		3971.50	9		273.6				3971.50	9
Consumidor Periférico 1	A	4	728.90		4		498	Aceita	4	728.90	
Consumidor Periférico 2	B	3	1814.10		3		348	Aceita	3	1814.10	
Consumidor Periférico 3	C	2	2644.7		2		215	Recusa	2	2644.7	

Período 7: Produção											
Ciclo: 3	Arranjo: 4	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Produtor Central	D		3971.50	9		612				3971.50	9
Consumidor Periférico 1	A	4	728.90		8		980	Aceita	4	728.90	
Consumidor Periférico 2	B	3	1814.10		6		687	Aceita	3	1814.10	
Consumidor Periférico 3	C	2	2644.7		4		426	Recusa	2	2644.7	

Período 7: Produção											
Ciclo: 4	Arranjo: 4	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Produtor Central	D		3971.50	9		1015.2				3971.50	9
Consumidor Periférico 1	A	4	728.90		12		1446	Recusa	4	728.90	
Consumidor Periférico 2	B	3	1814.10		9		1017	Aceita	3	1814.10	
Consumidor Periférico 3	C	2	2644.7		6		633	Recusa	2	2644.7	

produção simulados com o arranjo de negociação 1. Os resultados podem ser observados nas Tabelas 10.6 e 10.7, respectivamente.

No décimo e último período simulado, ocorre um período de consumo com arranjo de negociação 3. Neste caso, o agente *C* faz as vezes de consumidor central enquanto os demais agem de acordo com os respectivos papéis de produtores periféricos. Nos três primeiros ciclos, a gente *C* efetiva as negociações com o agente *A*. No quarto ciclo, a negociação é efetivada com o agente *B* que passa a ofertar o menor valor em relação ao pedido. Os resultados podem ser observados na Tabela 10.8.

Tabela 10.6: Resultado da simulação do período 8: consumo

Período 8: Consumo											
Ciclo: 1	Arranjo: 2	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Consumidor Central	B	0	1814.10		3		357		3	1796.25	
Produtor Periférico 1	C		2644.7	0		47.55				2644.7	0
Produtor Periférico 2	D		3971.50	0		62.4				3971.50	0
Produtor Periférico 3	A		728.90	0		17.85		Aceita		746.75	3

Período 8: Consumo											
Ciclo: 2	Arranjo: 2	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Consumidor Central	B	3	1796.25		3		348		6	1769.85	
Produtor Periférico 1	C		2644.7	0		47.55				2644.7	0
Produtor Periférico 2	D		3971.50	0		62.4				3971.50	0
Produtor Periférico 3	A		746.75	3		26.4		Aceita		773.15	6

Período 8: Consumo											
Ciclo: 3	Arranjo: 2	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Consumidor Central	B	6	1769.85		3		339		9	1734.90	
Produtor Periférico 1	C		2644.7	0		47.55				2644.7	0
Produtor Periférico 2	D		3971.50	0		62.4				3971.50	0
Produtor Periférico 3	A		773.15	6		34.95		Aceita		808.10	9

Período 8: Consumo											
Ciclo: 4	Arranjo: 2	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Consumidor Central	B	9	1734.90		3		330		12	1691.40	
Produtor Periférico 1	C		2644.7	0		47.55				2644.7	0
Produtor Periférico 2	D		3971.50	0		62.4				3971.50	0
Produtor Periférico 3	A		808.10	9		43.5		Aceita		851.60	12

Tabela 10.7: Resultado da simulação do período 9: produção

Período 9: Produção											
Ciclo: 1	Arranjo: 1	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Produtor Central	A		851.60	0		44.25				895.85	6
Consumidor Periférico 1	B	0	1691.40		3		357	Aceita	3	1647.15	
Consumidor Periférico 2	C	0	2644.7		2		219	Aceita	2	2600.45	
Consumidor Periférico 3	D	0	3971.50		1		100	Aceita	1	3927.25	

Período 9: Produção											
Ciclo: 2	Arranjo: 1	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Produtor Central	A		895.85	6		78.45				974.30	12
Consumidor Periférico 1	B	3	1647.15		3		348	Aceita	6	1568.70	
Consumidor Periférico 2	C	2	2600.45		2		215	Aceita	4	2522	
Consumidor Periférico 3	D	1	3927.25		1		99	Aceita	2	3848.80	

Período 9: Produção											
Ciclo: 3	Arranjo: 1	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Produtor Central	A		974.30	12		112.65				974.30	12
Consumidor Periférico 1	B	6	1568.70		3		339	Aceita	6	1568.70	
Consumidor Periférico 2	C	4	2522		2		211	Aceita	4	2522	
Consumidor Periférico 3	D	2	3848.80		1		98	Recusa	2	3848.80	

Período 9: Produção											
Ciclo: 4	Arranjo: 1	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Produtor Central	A		974.30	12		259.5				974.30	12
Consumidor Periférico 1	B	6	1568.70		6		669	Aceita	6	1568.70	
Consumidor Periférico 2	C	4	2522		4		418	Aceita	4	2522	
Consumidor Periférico 3	D	2	3848.80		2		195	Recusa	2	3848.80	

Tabela 10.8: Resultado da simulação do período 10: consumo

Período 10: Consumo											
Ciclo: 1	Arranjo: 3	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Consumidor Central	C	0	2522		2		219		2	2511.05	
Produtor Periférico 1	D		3848.80	0		40.8				3848.80	0
Produtor Periférico 2	A		974.30	0		10.95		Aceita		985.25	2
Produtor Periférico 3	B		1568.70	0		20.9				1568.70	0

Período 10: Consumo											
Ciclo: 2	Arranjo: 3	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Consumidor Central	C	2	2511.05		2		215		4	2496.3	
Produtor Periférico 1	D		3848.80	0		40.8				3848.80	0
Produtor Periférico 2	A		985.25	2		14.75		Aceita		1000	4
Produtor Periférico 3	B		1568.70	0		20.9				1568.70	0

Período 10: Consumo											
Ciclo: 3	Arranjo: 3	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Consumidor Central	C	4	2496.3		2		211		6	2477.75	
Produtor Periférico 1	D		3848.80	0		40.8				3848.80	0
Produtor Periférico 2	A		1000	4		18.55		Aceita		1018.55	6
Produtor Periférico 3	B		1568.70	0		20.9				1568.70	0

Período 10: Consumo											
Ciclo: 4	Arranjo: 3	Estoque	Moeda	Produção	Pedido	Preço Oferta	Preço Demanda	Negociação	Estoque Final	Moeda Final	Produção Final
Consumidor Central	C	6	2477.75		2		207		8	2456.85	
Produtor Periférico 1	D		3848.80	0		40.8				3848.80	0
Produtor Periférico 2	A		1018.55	6		22.3				1018.55	6
Produtor Periférico 3	B		1568.70	0		20.9		Aceita		1589.60	2