

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO**

Luiz Marcelo Berger

**UM MODELO BASEADO EM AGENTES PARA ESTUDO DAS
PROPRIEDADES EMERGENTES DECORRENTES DA
APLICAÇÃO DA LEI PENAL**

**Porto Alegre
2008**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Luiz Marcelo Berger

**UM MODELO BASEADO EM AGENTES PARA ESTUDO DAS
PROPRIEDADES EMERGENTES DECORRENTES DA
APLICAÇÃO DA LEI PENAL**

**Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Administração da Universidade Federal do
Rio Grande do Sul como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre em
Administração.**

Orientador: Prof. Dr. Denis Borenstein

**Porto Alegre
2008**

Luiz Marcelo Berger

**UM MODELO BASEADO EM AGENTES PARA ESTUDO DAS
PROPRIEDADES EMERGENTES DECORRENTES DA
APLICAÇÃO DA LEI PENAL**

**Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Administração da Universidade Federal do
Rio Grande do Sul como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre em
Administração.**

Orientador: Prof. Dr. Denis Borenstein

Conceito final:

Aprovado em dede.....

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. João Luiz Becker – PPGA/UFRGS

Prof. Dr. Eduardo Ribas Santos – PPGA/UFRGS

Prof. Dr. Dante Augusto Couto Barone – PPGC/UFRGS

Orientador – Prof. Dr. Denis Borenstein – PPGA/UFRGS

*Para Nenê, minha Mãe.
O alfa e ômega da minha vida.
Sem ela, nada disso teria se realizado.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores, colegas e amigos que tornaram possível a realização deste projeto, pois concluir com êxito uma dissertação de mestrado exige dedicação, paciência e muito sacrifício, para que a relevância e importância do empreendimento tenha o resultado que merece.

Em especial, ao meu orientador, Prof. Dr. Denis Borenstein, pela orientação, paciência e confiança depositada, pois nos momentos mais difíceis, quando tudo parecia ir para um final indesejado, não titubeou em me apoiar e mostrar o caminho a ser seguido para superar os obstáculos que se apresentavam. Seu incentivo foi inestimável e jamais será esquecido.

Ao Prof. Dr. João Luiz Becker, pela confiança depositada e pelos conhecimentos compartilhados.

Ao Prof. Dr. Eduardo Ribas Santos, pela amizade, contribuições e conhecimentos compartilhados.

À Prof.^a Dra. Ângela Freitag Brodbeck, pela amizade, apoio e incentivo permanentes, sempre demonstrados e pelos muitos momentos de convívio inesquecíveis.

Ao Prof. Dr. Giacomo Balbinotto Neto por suas inestimáveis sugestões que enriqueceram sobremaneira o trabalho.

Aos prezados colegas de jornada Amélia, André e Henrique pela amizade e momentos compartilhados.

Aos meus amigos Beth e Benomy, pelo incentivo e entusiasmo permanentes.

Aos meus irmãos Marco e Dani, que mesmo distantes na abençoada Terra Santa, jamais deixaram de me incentivar e apoiar.

E, finalmente, um agradecimento especial à minha querida amiga, futura Doutora, Christine da Silva Schröder, companheira e parceira em todos os momentos cuja dedicação, apoio e amizade tornaram possível a concretização deste projeto.

Attitude is a little thing that makes a big difference.

Sir Winston Churchill

RESUMO

O presente estudo busca desenvolver um modelo baseado em agentes para estudar em ambiente simulado baseado em sistemas computacionais as propriedades emergentes decorrentes da aplicação e execução da lei penal. Os modelos baseados em agentes têm-se revelado uma alternativa bastante promissora no estudo de sistemas complexos onde a grande quantidade de variáveis dinâmicas e interagentes tornam impossível o uso de técnicas puramente analíticas para a sua abordagem. Especialmente considerando que normas legais penais feitas para regular a conduta das pessoas em sociedade devem durar, a dimensão tempo acaba recebendo uma considerável relevância, o que incentiva ainda mais o uso de sistemas multiagentes, particularmente propícios nestes casos. Buscou-se construir um modelo no qual fosse possível analisar qualquer lei de natureza penal, quaisquer que fossem suas características e a quem estivesse destinada. Chegou-se, para tanto, no construto Cidadão-Estado-Oportunidade-Ambiente, que definem precisamente os contornos de qualquer conduta criminosa e que foram modelados em ambiente multiagente. Para construir os fundamentos do comportamento dos agentes foram utilizados especialmente os referenciais teóricos de Shavell e Polinsky (2000, 2004), Becker (1968), Cohen e Felson (1979) e Clarke(1995), sem deixar de agregar outras contribuições teóricas, ainda que em escala menor. O construto, no entanto, permite que quaisquer contribuições e análises teóricas de atributos do comportamento dos agentes propostos possam ser utilizadas, uma vez que a sua generalidade permite que qualquer forma de conduta possa ser modelada. Para criar o simulador, foi utilizado o ambiente *NetLogo 3.1.4* (WILENSKY,1999), cuja especial capacidade de tratar fenômenos que se desenvolvem ao longo do tempo se revelou de extrema valia e praticidade, demonstrando o potencial surgimento de propriedades imprevisíveis sob outras condições. Os testes realizados para aferir a aderência do modelo, usando distribuições de frequência onde as médias e os desvios-padrão eram controlados, mostraram que o comportamento dos agentes em ambiente dinâmico segue perfeitamente os conceitos teóricos utilizados como referencial, especialmente no que diz respeito ao comportamento do agente cidadão, modelado segundo os conceitos estabelecidos por Becker (1968). Restou demonstrado pela simulação que a percepção de possibilidade de punição tem impacto considerável no comportamento dos agentes diante da possibilidade de delito, assim como o somatório dos custos envolvidos é grandemente influenciado pelo tipo de delito cometido, ou seja, a dimensão monetária do dano, pela estrutura de custos da justiça e pelos meios de arrecadação destes recursos utilizados pelo estado, conforme afirmam Shavell e Polinsky(2000). Para realizar os testes foram construídas tabelas de valores utilizando a técnica 2^k fatorial, descrita em detalhes em Law e Kelton (1982), onde cada um dos fatores de impacto foi desdobrado em valores dinâmicos compatíveis com o sistema real no qual o modelo foi baseado. O teste 2^k fatorial é especialmente prático no sentido de aferir a aderência do modelo de simulação aos referenciais teóricos, pois permite grande flexibilidade ao analista na formulação de cenários, pois quaisquer combinações possíveis podem ser testadas, dependendo apenas do foco de interesse da pesquisa. Foram realizados também experimentos de simulação com o objetivo de verificar o comportamento do modelo ao atingir estado estacionário. Os testes de validação e os experimentos de simulação apresentaram resultados semelhantes.

Palavras-chave: modelo baseado em agentes, análise econômica, lei penal, simulação.

ABSTRACT

Agent based models are considered a milestone in social sciences research mainly because it's random behavior allows a variety of analysis that were impossible to make due to complexity constraints. The term complexity usually derives from a large number of interacting and dynamic variables which cannot be considered singularly, in order to keep the whole system attributes intact. For that matter, a systemic approach of analysis is required not only to keep this information within the framework of the system, but also to get the emergent properties that come along with the interaction, not observable singling out one or another factor. Considering these very specific characteristics an agent based model, or multiagent system turns to be a more suitable analysis than analytic counterparts due to its very particular capability to deal simultaneously with a large number of random variables. This research work develops an agent based model to study the emergent properties due to public enforcement of criminal law. In order to build a model of criminal behavior suitable to the project, well known theories about crime were taken in consideration, including Shavell and Polinsky (2000), Shavell (2004), Becker (1968), Cohen and Felson(1979) and Clarke (1995). The construct derived from the analysis is a model based on three interacting agents and the environment, namely: *citizen-opportunity-state-environment (offender-victim-public enforcement of law-environment)*. These interacting agents have the ability to define the boundaries of any given offence, regardless the kind, being capable to cope with from a simple misdemeanor (e.g. a traffic violation) to a felony (e.g. a capital murder). Particularly, the citizen-agent behavior has been modeled according to Becker's (1968) *Crime and Punishment* seminal work. These remarks explains why originally the term *citizen* has been used in first place, and not *offender*. Rational Choice theory says that anyone can be an offender, depending on certain conditions. The State performance regarding its economic impact in terms of the public enforcement of criminal law is seen through the lenses of Shavell and Polinsky's theory (2000). The opportunity and environment agents' behavior are mainly based on Cohen and Felson's *Routine Activity Theory* (1979) and Clarke's *Rational Choice Theory* (1995). The model was implemented using *NetLogo 3.1.4* platform (WILENSKY,1999). The simulation program provides a wide range of dynamic options making it very easy to perform any kind of test in order to assess the behavior of a given criminal rule in its dynamic operation. Validation and experimental tests were performed. The resulting responses were very consistent with the theoretical basis on which de model was based on.

Keywords: agent based models, multiagent systems, economic analysis of Law, criminal Law, simulation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Arquitetura esquemática de uma Sociedade Artificial.....	49
Figura 2 – O modelo conceitual.....	67
Figura 3 – O modelo conceitual da lei penal na arquitetura de agentes.....	68
Figura 4 - Dimensões Estruturais do Modelo.....	80
Figura 5 – O agente como <i>agentset</i>	88
Figura 6 – Console de controle do simulador.....	90
Figura 7 – Interface Gráfica - Ambiente de visualização da interação dos agentes.....	91
Figura 8 – Console de controle do simulador 2.....	119
Figura 9 – O simulador em operação	120
Figura 10 – O simulador em operação – 2.....	121
Figura 11 – O simulador em operação – 3.....	122
Gráfico 1 – Taxa média de crimes $x p$ (415).....	108
Gráfico 2 – Intervalo de confiança $x p$ (415).....	108
Gráfico 3 – Taxa média de crimes $x p$ (1.250).....	108
Gráfico 4 – Intervalo de confiança $x p$ (1.250).....	108
Gráfico 5 – Taxa média de crimes $x p$ (4.150).....	109
Gráfico 6 – Intervalo de confiança $x p$ (4.150).....	109
Gráfico 7 – Taxa média de crimes $x p$ (415, 1.250 e 4.150).....	109
Gráfico 8 - Gráfico 8 – Taxa de crimes $x p$ x renda média - 3D.....	109
Gráfico 9 – Comportamento dos agentes em relação à incerteza.....	135

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Intervalo de valores para os fatores de teste de validação.....	96
Tabela 2 – Tabela de testes de validação.....	101
Tabela 3 – Fatores de input para testes de simulação.....	102
Tabela 4 – Respostas do Simulador.....	103
Tabela 5 – Testes de Simulação para renda R\$ 415,00	106
Tabela 6 – Testes de Simulação para renda R\$ 1.250,00	106
Tabela 7 – Testes de Simulação para renda R\$ 4.150,00	106
Tabela 8 – Indicadores e dados de fontes externas.....	162
Tabela 9 – Veículos licenciados por ano e evolução da frota de Porto Alegre.....	163
Tabela 10 – Evolução da frota de veículos do Rio Grande do Sul.....	163

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	JUSTIFICATIVA	18
1.2	QUESTÃO DE PESQUISA.....	21
1.3	OBJETIVOS DO ESTUDO.....	21
1.3.1	Objetivo Geral	21
1.3.2	Objetivos Específicos	22
1.3.3	Metodologia	22
2	REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1	CONCEITO DE LEI	25
2.1.1	Fundamentos da Lei Penal	27
2.1.2	Fundamentos do Processo Penal	29
2.1.3	O Processo Penal no modelo baseado em agentes	31
2.1.4	Teorias Econômicas do Crime	33
2.1.5	Fundamentos de Criminologia	39
2.1.6	A Criminalidade como fenômeno complexo e sistêmico	42
2.1.7	A Teoria Econômica da Execução Pública da Lei	43
2.2	O COMPORTAMENTO DOS AGENTES COMO FUNÇÃO ECONÔMICA.....	46
2.3	A SOCIEDADE ARTIFICIAL.....	47
2.4	FUNDAMENTOS DOS SISTEMAS MULTIAGENTES	51
3	REVISÃO DA LITERATURA	53
3.1	ESTUDOS SOBRE ANÁLISE ECONÔMICA DA LEI.	54
3.2	ESTUDOS SOBRE AVERSÃO AO RISCO.....	57
3.3	ESTUDOS COM MODELOS BASEADOS EM AGENTES.....	59
3.4	MODELOS BASEADOS EM AGENTES E O CRIME.....	65
4	MODELO MULTIAGENTE	67
4.1	FASE 1 – MODELO CONCEITUAL – <i>CIDADÃO-ESTADO-OPORTUNIDADE-AMBIENTE</i>	67
4.1.1	<i>Agente Cidadão</i>	69
4.1.2	<i>Agente Estado</i>	70

4.1.3	<i>Agente Oportunidade</i>	71
4.1.4	<i>Ambiente</i>	72
4.1.5	As Dimensões de Análise do Modelo Baseado em Agentes.....	74
4.1.6	Lógica do Modelo Conceitual.....	77
4.2	FASE 2 – DESENVOLVIMENTO DO MODELO.....	79
4.2.1	Arquitetura de Agentes	79
4.2.2	Modelagem Computacional dos Agentes	83
4.2.3	Condicionantes da Motivação dos Agentes	85
4.2.4	Implementação Computacional do Modelo de Simulação	87
4.2.4.1	Conceito de <i>agentset</i>	87
5	TESTES DE VERIFICAÇÃO PRELIMINAR	93
5.1	CRITÉRIOS PARA AJUSTES DOS PARÂMETROS DE ENTRADA.....	94
5.2	TESTES DE VERIFICAÇÃO DAS HIPÓTESES.....	98
6	EXPERIMENTOS COMPUTACIONAIS DE VALIDAÇÃO	102
6.1	OBJETIVOS DO EXPERIMENTO.....	103
6.2	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	107
7	CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS	109
7.1	ESTUDOS SOBRE COMPORTAMENTO DOS AGENTES.....	111
7.2	ALTERNATIVAS PARA ATUAÇÃO DO ESTADO.....	111
8	REFERÊNCIAS	113
	ANEXO A – CONSOLE DE CONTROLE DO SIMULADOR	119
	ANEXO B – CÓDIGO-FONTE DO SIMULADOR	123
	ANEXO C – A ESCOLHA RACIONAL	132
	ANEXO D – FORMALIZAÇÃO DA AVERSÃO AO RISCO DOS AGENTES	134
	ANEXO E – FORMALIZAÇÃO DA DESUTILIDADE	136
	ANEXO F – AMOSTRAS DE DECISÕES JUDICIAIS	139
	ANEXO G – TABELAS DE INDICADORES	162
	ANEXO H – CÁLCULO DO INTERVALO DE CONFIANÇA	164

1 INTRODUÇÃO

Aí Caim disse a Abel, o seu irmão: - Vamos até o campo.

*Quando os dois estavam no campo,
Caim atacou Abel, o seu irmão, e o matou*

Gênesis 4:8

Crime e humanidade se conhecem mutuamente desde o alvorecer da civilização. Quase como metáfora da existência, por mais que não seja agradável admitir, violar algo, alguma coisa ou alguém em detrimento de outro é uma característica indissociável do convívio humano. Ao estudioso mais detalhista não escaparia sequer a lembrança de que, mesmo antes do homicídio de Abel, houve outra violação anterior de uma Lei quando, diante da árvore do Bem e do Mal, um fruto *proibido* foi indevidamente consumido, violando uma Lei maior.

À parte de discussões de cunho filosófico ou metafísico, a inegável e comprovada tendência do ser humano para o ilícito fez com que a literatura, interesse, estudo e a reflexão deste fenômeno se situassem entre os mais extensos e profundos, retrocedendo a tempos remotos, muito embora somente com o advento do Estado como detentor do monopólio da Lei tenha sido sistematizado como disciplina de estudo, porque a partir deste momento foi suprimida a vingança pessoal e privada, que autorizava que qualquer um do povo buscasse, em face de uma suposta violação, a reparação que considerasse justa da forma e pelos meios que considerasse válido, independente de qualquer conceito de Justiça ainda que revestido de contornos puramente morais e internos da cognição humana.

O fenômeno da criminalidade sempre exerceu enorme fascínio sobre os estudiosos de todas as vertentes, seja por vocação para a pesquisa sobre o tema, seja porque existe uma necessidade intrínseca do ser humano de entender as razões pelas quais os indivíduos quando em sociedade têm comportamento violento ou, simplesmente, recusam-se a aceitar regras de convivência e partem para comportamentos considerados inaceitáveis, formando, assim, a gênese do cometimento do crime.

Viver em sociedade pressupõe a submissão voluntária a estas regras de convivência que delimitam que o direito de um não possa ser violado sem justa causa pelo direito de outro.

O fenômeno civilizatório encontra na “regra de convivência” sua mais expressiva característica, visto que sem ela qualquer aglomerado de pessoas viveria em plena barbárie.

Os crescentes índices de criminalidade, particularmente no Brasil, onde a urbanização descontrolada, a extrema desigualdade social e a ausência total de um mediador legítimo – o Estado – são verdadeiros criadouros de delinquentes, justificam o interesse permanente no tema, muito embora o grau de relevância conferido pelos agentes do Estado à situação de conflagração invariavelmente está em desacordo com a realidade experimentada nas ruas.

Um dos fatores que mais tem estimulado o debate acerca do tema deriva da interferência cada vez mais aguda da criminalidade na própria atividade de criação de riqueza do País, como se verifica, por exemplo, em determinadas localidades da cidade do Rio de Janeiro, onde o tráfico de drogas assumiu o controle de parcelas expressivas desta urbe, expulsando o próprio Estado de sua atividade precípua, que é a de prover o bem comum entre os seus cidadãos e gerar igualdade de oportunidades para que todos possam se desenvolver e adquirir meios de vida suficientes e compatíveis com a dignidade humana. Relatos diários na mídia mostram que, em determinadas localidades, cidadãos, desde os mais humildes chegando aos mais afluentes, estão cercados por uma teia de crimes que corroem a geração de riqueza em cobranças indevidas, extorsão, corrupção e toda sorte de ilícitos imagináveis.

O crime, longe de ser um privilégio de camadas humildes, está incrustado em toda a sociedade, especialmente no aparelho do Estado, onde assume contornos de endemia, suprimindo preciosos recursos que de outra forma seriam utilizados em prol do bem comum e não para “engordar” as contas particulares de determinados indivíduos.

Os mais pessimistas alertariam que este é um fenômeno global e inevitável e que tem que se aprender a conviver com ele. Aqueles menos conformistas diriam que outras sociedades, com características semelhantes, revelam índices de comportamento bem mais amenos, levando a crer que, por mais que se assemelhem, nunca haverá padrões exatamente iguais um ao outro. Portanto, a manifestação do crime também guarda suas particularidades, ainda que com linhas de coincidência umas com as outras.

Segundo leciona Jesus (1995), *nox*, no antigo Direito Romano, era o termo designativo da conduta delitativa. Evoluiu para *noxia*, que significava “dano”. Este, porém, estava intimamente ligado aos conceitos de reparação e retribuição do mal causado, pelo que expressava mais a natureza dos efeitos do ato delitivo que propriamente o significado da infração. A expressão “delito” deriva de *delinquere*, abandonar, resvalar, desviar-se,

significando abandono de uma lei. *Crimen* vem do grego *cerno*, indicativo dos mais graves delitos.

Ainda segundo Jesus (1995), crime pode ser definido como a motivação que levou aquele que cria as leis a determinar como criminosa uma conduta humana, em face de sua natureza danosa; ou, dito de outra forma, é a ação ou omissão, imputável a uma pessoa, lesiva ou perigosa a interesse penalmente protegido, constituída de determinados elementos, circunstâncias e condições previstas em lei.

Dessa forma, existe crime quando existe uma violação a uma norma que classifica aquela conduta humana como tal. A esta norma se dá o nome de *lei*. O fenômeno do crime assume as mais diversas formas e nomenclaturas: agressão, furto, prevaricação, discriminação, corrupção, entre muitos outros. Contra a ocorrência do crime apresenta-se o Estado, com seu aparato complexo e burocrático com o objetivo de coibir e impedir a disseminação destas condutas indesejáveis e punir aqueles que porventura as cometem. Em virtude da incapacidade do Estado de aplicar a lei corretamente, surge a percepção de impunidade, quando diversas camadas componentes do tecido social não vêem seus direitos respeitados e, pior ainda, vêem determinados grupos e pessoas serem claramente privilegiadas na aplicação da mesma lei que deveria atingir igualmente a todos.

O estudo do fenômeno criminoso está longe de ser confinado às escolas de Direito, muito embora no Brasil, face à sua herança cartorial portuguesa, freqüentemente é possível constatar a tentativa de controlar o debate através de amarras de conhecimento, excluindo do escopo diversas escolas e linhas de pesquisa que muito podem acrescentar no estudo desta verdadeira chaga social. Cabe enfatizar que o Estado, entendido como ente criado pelo conjunto da sociedade para distribuir a justiça social, tem-se revelado manifestamente incapaz de entregar ao cidadão que o sustenta níveis mínimos de controle e de aplicação da lei, para que seja possível a cada cidadão do País desenvolver seus objetivos de vida em sua plenitude, além do custo altíssimo em recursos que cobra do cidadão.

Diante deste contexto, o presente trabalho tem por objetivo acrescentar alternativas para o estudo, compreensão e conseqüências do evento criminoso na sociedade. Para tal intento, busca se utilizar de recursos computacionais e de modelos baseados em agentes ou sistemas multiagentes para auxiliar no estudo de fenômenos e propriedades emergentes que surgem em simulação, verificando assim o comportamento da lei penal confrontada com parâmetros e variáveis derivados da situação real da vida em sociedade.

Senge (1990) coloca que invariavelmente se faz necessário *afastar-se da árvore para que seja possível ver a floresta*, numa referência às interações e interconexões que os fenômenos sociais guardam e que a extrema especialização e o detalhamento amiúde deixam imperceptíveis ao observador, muito embora afetem consideravelmente o sistema em seu funcionamento. Da mesma forma, busca-se na simulação multiagente meios de ver a *floresta* em funcionamento junto com suas interações e interconexões microscópicas e que eventualmente revelarão propriedades macroscópicas antes invisíveis.

Nesta introdução se apresentam as motivações, justificativas e os fundamentos para a realização do trabalho. Descreve-se ainda a metodologia utilizada e sua justificativa. No Capítulo 2, adentra-se no referencial teórico, para trazer de forma sistemática as pesquisas já realizadas em diversos domínios do conhecimento e que contribuíram para a construção do modelo apresentado. Dá-se especial atenção à conceituação de lei, através dos ensinamentos de Reale Jr. (1995), uma vez que o perfeito entendimento desta construção social é a base para as regras de interação entre os agentes em ambiente simulado. Axelrod (1997), de forma análoga, menciona que as normas proporcionam um poderoso mecanismo para regular conflitos em grupos, mesmo quando há mais de duas pessoas e não há autoridade central. No caso deste estudo, a norma é a lei e, contrariamente aos experimentos de Axelrod, existe uma autoridade para impô-la, mesmo à revelia da vontade daqueles que têm que obedecê-la.

Posteriormente, se faz a análise da formação da lei e sua forma de imposição, que deriva do conceito de Estado (DALLARI, 1995). Entender a natureza e o alcance da manifestação do Estado na sociedade permite compreender o alcance das alternativas que se apresentam no campo da simulação, pois a sua atuação na vida real interfere em praticamente todos os campos daqueles que vivem em sociedade com outras pessoas. Neste capítulo, procura-se esquivar da concepção limitada de que ao Estado cabe apenas combater e prevenir o crime através de força policial. As teorias do crime apresentadas desmentem este reducionismo.

A seguir, são abordados detalhadamente conceitos da Lei Penal, que explicita como se manifestam as condutas que são consideradas inaceitáveis pelo conjunto da sociedade e por que determinam uma proibição e uma sanção quando cometidas, comparando-se com alguns aspectos da experiência criminal legal em outros países, particularmente os Estados Unidos, cuja tradição de aplicação da lei é profundamente diferente da brasileira.

A lei penal é parte integrante do modelo baseado em agentes, pois a sua clara definição estabelece as regras e os parâmetros de funcionamento do simulador. No mesmo

capítulo ainda, são abordados fundamentos do processo penal, ou seja, o meio pelo qual um cidadão, ao cometer o delito, deve ser processado pelo Estado para pagar pelo crime que cometeu. Para tal intento, Nucci (2007) esclarece como os agentes do Estado buscam a persecução penal, com especial atenção para aqueles elementos que revelam os pontos de estrangulamento da Justiça brasileira.

Neste ponto, conceitos como *flagrante*, *inquérito*, *indiciamento*, *denúncia* e *condenação* (NUCCI, 2007) são apresentados não apenas para relacionar o aspecto jurídico do modelo, mas principalmente porque estes conceitos são variáveis integrantes do modelo conceitual, bem como outros termos do repertório forense que posteriormente estão implantados no simulador.

Ainda no Capítulo 2, busca-se explorar as teorias do crime, através especialmente dos trabalhos de Cohen e Felson (1979), Clarke (1995) e das pesquisas realizadas pela chamada Escola de Chicago (TANGERINO, 2007), no intuito de trazer ao estudo conceitos importantes emitidos por estes estudiosos e que se revelam pertinentes para modelar o comportamento dos agentes nos mais diversos cenários de simulação. Os fundamentos da criminologia, que é a ciência que estuda o evento criminoso de forma interdisciplinar, focando especialmente nas estruturas cognitivas internas de comportamento do agente, são apresentados como meio de mostrar que a mera aplicação de uma única linha de pensamento pode levar a conclusões equivocadas.

Ainda, a análise econômica da Lei, segundo a abordagem de Shavell (2004) e de outros autores, busca aproximar conceitos da ciência econômica ao fenômeno criminoso. Este autor, em parceria anterior (SHAVELL; POLINKY, 2000), já havia lançado as bases para a teoria pública da execução da lei, quando as relações de custo-benefício oriundas da aplicação da lei são explicadas, especialmente quando se compara os custos associados às diversas formas de punição, tanto para os agentes criminosos como para o Estado, que, em última análise, é quem tem que impedir ou prevenir a realização do crime.

O item seguinte que trata do comportamento dos agentes como função econômica está relacionado com o postulado de Becker (1968), que sustenta que as pessoas cometem ou não crimes após fazer racionalmente um cálculo de maximização de utilidade relativamente ao objeto de delito. Esta formulação é a base teórica do comportamento dos agentes em ambiente simulado.

Finalmente, para completar o Capítulo 2, são apresentados os fundamentos dos sistemas multiagentes e da sociedade artificial, importantes para a formalização do construto final. Com esta finalidade, fundamentos nos estudos de Axtell (1996) e Barone (2003) referenciam os usos, limitações e aplicações da sociedade artificial, quando utilizadas nas ciências sociais.

No Capítulo 3, é realizada uma revisão da literatura com os atenção para os trabalhos realizados por Shavell (2004) e outros na análise econômica da lei: Viapiana (2006), com seu trabalho sobre a economia do crime, Kahneman (1979) e French (1986) em relação à aversão ao risco, Axelrod (1984, 1997) e Axelrod e Hammond (2006) relativamente ao comportamento de cooperação entre os agentes e, finalmente, o estudo realizado por Groff (2007), testando a teoria de Cohen e Felson (1979) através de sistemas multiagentes.

O Capítulo 4 trata do modelo conceitual multiagente e dos fundamentos utilizados para construir o simulador. Neste capítulo, o interesse é destacar as atribuições de cada agente, identificar como eles interagem no meio simulado, as regras aplicadas e suas interações e interconexões. Neste ponto, cada uma das atribuições e relações está diretamente relacionada com os referenciais teóricos apresentados e analisados. Dessa forma, é possível verificar a aderência e a pertinência dos conceitos utilizados e se efetivamente eles correspondem à realidade que pretendem simular.

Por fim, os capítulos 4 e 5 tratam dos experimentos práticos do modelo, utilizando-se, para tanto, da linguagem *NetLogo 3.1.4* (WILENSKI, 2006), apresentando a metodologia utilizada, a validação do modelo e os resultados dos testes efetuados.

Finalmente, as conclusões são apresentadas no Capítulo 6, assim como sugestões para trabalhos futuros, com ênfase nas questões práticas que podem ser abordadas pelo modelo.

1.1 JUSTIFICATIVA

A interação humana em ambiente social é um fenômeno complexo, oferecendo invariavelmente expressiva dificuldade ao pesquisador, face ao grande número de variáveis que intervêm simultaneamente no processo de criação, execução e cumprimento da lei, particularmente da lei penal, objeto deste estudo.

Uma idéia bastante clara da influência da complexidade no presente estudo é demonstrada de forma didática através de um mapa sistêmico da criminalidade (ANDRADE

ET AL, 2006) que revela de forma inequívoca que o fenômeno está longe de ser precisamente estruturado face ao grande número de variáveis envolvidas, necessitando, portanto de abordagens sistêmicas, como propõe Andrade *et al* (2006) e Senge (1990).

O trabalho se justifica pela abordagem diferenciada com que trata o tema, buscando, através do modelo baseado em agentes, a interação de diversas linhas de conhecimento, oriundas das mais variadas fontes, como a análise econômica da lei, a criminologia, as teorias econômicas do crime, sociedades artificiais e modelos de simulação. Uma das motivações para o trabalho, talvez a mais pertinente, seja a constatação de que a complexidade da vida em sociedade se transfere integralmente para o fenômeno criminoso, tornando-se assim impossível que apenas uma explicação possa abarcar a gama de detalhes que surgem no caminho.

Justamente para verificar a emergência de fenômenos e propriedades imperceptíveis em nível micro é que este trabalho teve seu foco no uso de ferramentas de pesquisa em Administração baseadas em sistemas multiagentes, ou modelos baseados em agentes. O trabalho busca aproximar as lições de Senge (1990), no sentido de agregar o máximo de atores (agentes) intervenientes no processo e assim proporcionar uma visão sistêmica que contemple o ambiente, os agentes e suas interações.

Neste aspecto, a modelagem baseada em agentes torna-se uma ferramenta extremamente poderosa, servindo como ponte entre disciplinas que, numa análise superficial, não teriam elementos em comum. Axelrod (2006), a propósito, relata como exemplo a colaboração entre um biólogo interessado em evolução e um cientista político, duas disciplinas com focos absolutamente distintos. Usando modelagem baseada em agentes em ambos os estudos foi possível estabelecer comparações e avaliações dos resultados ao longo da pesquisa.

O mesmo autor afirma que a modelagem destes cenários matematicamente é um empreendimento quase impossível. Tesfatsion (2005), usando a modelagem baseada em agentes para estudar fenômenos econômicos, acrescenta outros temas que podem ser enfrentados simultaneamente como, por exemplo, micro-comportamentos, padrões de interação, informações assimétricas, competição imperfeita, aprendizado coletivo, possibilidade de equilíbrio múltiplo entre outros. Trata-se, essencialmente, de sistemas complexos e dinâmicos de agentes interativos.

Sistemas multiagentes são aqueles compostos de múltiplos elementos computacionais interagindo simultaneamente entre si e com o ambiente. Agentes são entidades

computacionais com duas importantes capacidades. Primeira: até certa medida são capazes de *ação autônoma*, ou seja, decidem por si próprios. Segunda: são capazes de *interagir com outros agentes* de forma social e complexa, usando parâmetros de cooperação, coordenação, negociação, entre outros, de forma a simular a vida social (WOOLDRIDGE, 2002). O ambiente de simulação multiagente permite adquirir dados do meio externo, interagir com dados e com outros agentes e devolver um resultado, ou seja, um sistema computacional que interage com o meio. Este meio pode ser representado por variáveis de qualquer natureza que possam de alguma forma interferir na tomada de decisão do agente. Assim, pode representar desde situações complexas de contexto social até a atuação de outro agente que venha a interagir com ele.

Algumas características específicas tornam os modelos baseados em agentes especialmente adequados ao presente trabalho. Jennings *et al* (1998) afirmam que o sistema modelado precisa ser flexível, contemplando os seguintes quesitos:

- agentes precisam ser reativos (*responsives*). Eles precisam perceber o ambiente e as suas mudanças e alterar o seu comportamento em face destes estímulos;
- agentes necessitam ser pró-ativos. A reação do agente precisa não só ser reativa, mas sobretudo oportunista, isto é, sua ação precisa ser considerada em função de um objetivo, com iniciativa própria quando esta se tornar apropriada;
- agentes precisam ser sociais. Esta é uma das características marcantes dos agentes: a interação com outros agentes dentro do meio, fornecendo respostas em função desta interação.

Outros conceitos imprescindíveis ao entendimento do comportamento dos agentes são abordados ao longo do trabalho. Assim, o conceito de racionalidade está presente no estudo, pois uma das maneiras de se definir o agente é como sendo um *tomador racional de decisão* (CASTELFRANCHI *et al*, 1998). Tendo-se como fundamentos teóricos os trabalhos de Becker (1968) e Shavell e Polinski (2000), utiliza-se, como referencial do comportamento do agente, a maximização da função utilidade, que assinala a qualquer resultado possível um valor determinado (CASTELFRANCHI *et al*, 1998).

1.2 QUESTÃO DE PESQUISA

Considerando-se, portanto, que a criminalidade é um fenômeno complexo, envolvendo várias disciplinas simultaneamente, diante do justificado até aqui, a questão proposta para a pesquisa é:

Quais comportamentos, interações e fenômenos emergem da aplicação da lei penal no meio social?

Trata-se da questão principal, mais abrangente, que se procura responder na medida em que outras questões subordinadas puderem ser respondidas. As questões a seguir são direcionadoras para obtenção de informações mais detalhadas do modelo:

A tomada de decisão pelos agentes submetidos à lei penal admite viés irracional? Quando e como isto ocorre?

A percepção da possibilidade de punição é influenciada por quais fatores?

Quais elementos condicionantes emergentes são determinantes para estabelecer a eficácia da aplicação da lei penal?

1.3 OBJETIVOS DO ESTUDO

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um modelo baseado em agentes para investigar dinamicamente o comportamento da aplicação da lei penal, buscando identificar as propriedades emergentes da sua aplicação no meio social, tendo como referencial as teorias econômicas do crime e, como modelador do comportamento dos agentes em relação ao cometimento do crime, o modelo de comportamento dos agentes postulado de Becker (1968).

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) identificar os fatores que influenciam os comportamentos emergentes resultantes da aplicação da lei penal; e
- b) validação do modelo.

1.3.3 Metodologia

A metodologia adotada pelo estudo é a experimental. Ela permite estudar as relações de causalidade entre variáveis a partir de testes controlados em laboratório. Neste tipo de pesquisa o investigador analisa o problema, constrói suas hipóteses e trabalha manipulando os possíveis fatores – as variáveis – que se referem ao fenômeno observado. A manipulação na quantidade e qualidade das variáveis proporciona o estudo da relação entre causas e efeitos de um determinado fenômeno, podendo-se controlar e avaliar os resultados dessas relações. Consiste em se manter constantes todas as causas, menos uma, que sofre variação para se observar seus efeitos, caso existam.

Segundo Hair *et al.*, (2006), a pesquisa experimental procura entender de que modo ou por que causas o fenômeno é produzido. Para se atingir os resultados, são manipuladas as diversas variáveis de controle (independentes – causas) de forma a tornar perceptíveis as relações existentes entre estas e as variáveis dependentes (de efeito) envolvidas no objeto de estudo, observando e interpretando as reações e modificações ocorridas no objeto de pesquisa.

O experimento é imprescindível e a interpretação deve ter fundamentação teórica. O experimento deve explicitar os materiais e métodos (para cobaias) ou casuística e métodos (para pessoas). A pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo e definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

No caso de experiências com simulação social (pessoas, grupos ou instituições), os sistemas multiagentes se revelam bastantes flexíveis e úteis. Streit (2006) menciona que a simulação baseada em agentes se mostra a mais adequada para lidar com a complexidade que decorre das diversas interações e inter-relações entre os atores do modelo, características da pesquisa que realizou:

De fato, a simulação parece ser a técnica de pesquisa mais adequada para averiguar a influência dos atores sociopolíticos na governança e como eles são influenciados por ela, considerando que nesse ambiente vários atores interagem entre si de forma assíncrona (STREIT, 2006, p.55)

A simulação social, face ao seu grande crescimento, está fazendo surgir o paradigma da Ciência Social Computacional (STREIT, 2006). As definições mais recentes de simulação social procuram empregar conceitos derivados da teoria dos sistemas e da teoria da complexidade. Segundo Gilbert e Troitzch (1999), a simulação social é uma forma de entender os processos sociais, porque se fundamenta na idéia da emergência do comportamento complexo a partir de atividades relativamente simples, sendo que a emergência ocorre quando interações entre objetos em um nível geram diferentes tipos de objetos em outros níveis. Ainda, segundo os mesmos autores, a teoria da complexidade mostra que, mesmo que haja entendimento completo dos fatores que afetam a ação individual, isso não é suficiente para prever o comportamento institucional ou do grupo.

Segundo os mesmos autores, a simulação multiagente (ou de modelos baseados em agentes) é mais complexa no seu processamento interno e, conseqüentemente, no seu comportamento do que a simulação de autômatos celulares. Portanto, diante da complexidade que o tema oferece, propor um modelo baseado em agentes revela-se um esforço adequado e pertinente.

Diante disso, a metodologia de pesquisa deste estudo percorreu as seguintes etapas:

- a) formulação do problema – sendo o crime um fenômeno social complexo, estando ligado simultaneamente a múltiplas variáveis, a aplicação da lei penal como forma de enfrentá-lo apresenta características, restrições e fenômenos emergentes que reproduzem esta complexidade. As variáveis intervenientes se relacionam entre si permanentemente, não podendo ser isoladas de seu contexto. Aliado a isso, tem-se a constatação da ineficácia dos meios legais atualmente utilizados para o combate e prevenção destas condutas. A crise na aplicação e execução da lei revela que os meios utilizados para abordar a questão não tem se mostrado eficazes na busca de soluções;
- b) desenvolvimento do modelo – a representação formal do modelo – sua expressão simbólica – está expressa no sistema multiagente *Cidadão-Oportunidade-Estado-Ambiente*. A inter-relação destes agentes em seu

ambiente permite modelar qualquer forma de crime previsto na Lei Penal, estabelecendo relação com a análise econômica da lei e teorias do crime, especialmente baseadas na Teoria da Escolha Racional. Para desenvolver conceitualmente o modelo, buscou-se primeiro definir o que é *crime*. Após definir-se o modelo de ocorrência do crime no ambiente, buscou-se a perspectiva econômica, através de Shavell e Polinsky (2000), para correlacionar as variáveis identificadas através de sua função custo. Posteriormente foi selecionado o método computacional a ser utilizado para a construção do simulador. Nesta fase, optou-se pela abordagem multiagente e pela plataforma *NetLogo* 3.1.4 (WILENSKY, 1999);

- c) validação do modelo – a validação do modelo tem por objetivo aproximar o máximo possível os resultados obtidos em simulação com os dados reais. O modelo foi concebido para qualquer norma penal, mas para efeito de teste de validação foi selecionado um tipo penal específico, ou seja, um crime, passível de punição pelo Estado. Foi escolhido o furto/ roubo de veículos, previsto no Art. 155 e incisos do Código Penal. Algumas restrições foram impostas para a validação, especialmente devido a limitações computacionais. Foram utilizados dados baseados na realidade experimentada na cidade de Porto Alegre, segundo informações colhidas em bases de dados oficiais;
- d) experimentação – utilização da plataforma *NetLogo* 3.1.4 (WILENSKY, 1999) para testar as hipóteses e verificar se os resultados obtidos com a experimentação foram consistentes com o referencial teórico, especialmente no que diz respeito à influência das variáveis utilizadas como parâmetro para o cometimento do crime.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONCEITO DE LEI

O presente modelo foi elaborado tendo como referência principal a aplicação da lei. Faz-se necessário preliminarmente, portanto, delimitar o conceito de lei para efeitos da atuação dos agentes, ou seja, como será feita a analogia entre a situação real e o ambiente simulado, onde os indivíduos estão submetidos a regras de convivência compulsoriamente, pois não podem “escolher” não cumprir as regras determinadas.

Segundo Reale Jr.(1995), *lei é uma delegação ficta concedida pelo conjunto da sociedade nas suas diversas formas de manifestação ao Estado para que este, em seu nome, aplique e controle um conjunto de regras que são aceitas pela sociedade para que seja possível, assim, o convívio de todos dentro de um regramento comum. Portanto, para que exista a lei concretamente e que esta seja passível de aplicação ao conjunto da sociedade, deve existir antes o Estado, uma criação coletiva da sociedade para que atue em seu nome em diversos campos da vida social e econômica.*

Ainda que exista muita controvérsia doutrinária acerca de como surgiu o Estado moderno, Dallari (1995) expõe que os grupos sociais buscam a constituição de um Estado organizado por dois motivos essenciais, a saber: 1) a conjugação de um simples impulso associativo natural; e 2) a formação de um acordo de vontades, um contrato hipotético celebrado entre os homens (DALLARI, 1995).

Essa segunda motivação, também conhecida como *teoria contratualista*, foi bastante estudada por autores clássicos que reconheceram vestígios de sua manifestação já nas obras de Platão, particularmente ao escrever *A República*. (DALLARI, 1995). Diz-se contratualista porque se assume que houve um acordo de vontades, um “contrato”, no qual *racionalmente* o conjunto majoritário das pessoas componentes de um determinado grupo social optou que a melhor maneira de viver em sociedade seria através da criação de um ente superior que tivesse autoridade para dizer aos seus “agentes” as condutas que podem e não podem manter.

Mais adiante, já de forma explícita e sistematizada, aparece em autores como Thomas Hobbes em *O Leviatã* e finalmente em Montesquieu, em sua obra fundamental *Do Espírito das Leis* (DALLARI, 1995). A lei surge a partir deste momento, quando o Estado recebe o

poder e a autoridade de definir estas condutas. A este poder dá-se, então, o nome de *Lei* (DALLARI, 1995 e REALE Jr., 1995).

A principal característica da lei é sua indisponibilidade na aplicação. Todos devem cumpri-la, além de que somente o Estado pode fazer ou aplicar a lei, sendo vedado a qualquer outro agente esta iniciativa. Ao cidadão comum, quando exerce seus direitos e deveres no seio desta sociedade, está expressamente proibido – *por lei* – que exerça a justiça pelas próprias mãos, não importando a lesão ou injustiça de que terá sido vítima. Terá que, obrigatoriamente, acionar o mecanismo da Justiça para que esta, respeitando um conjunto de regras, aplique a lei ao caso concreto, cominando assim as conseqüências que as pessoas envolvidas terão que sofrer.

Assim, a formação da sociedade, sua manifestação concreta e, especialmente, as regras impostas aos seus cidadãos estão umbilicalmente ligada à criação do Estado Moderno. Seu formato, cujas bases teóricas mais sólidas remontam ao século XVI, resiste até hoje, variando evidentemente com o decorrer do tempo em face de adaptações necessárias considerando a evolução natural da sociedade e a modificação constante de valores sociais.

Vale dizer que a criação do Estado Moderno se originou da delegação de autoridade que o conjunto de pessoas lhe outorgou para a solução de conflitos e para administrar os recursos por ela produzidos com o objetivo final do bem comum (DALLARI, 1995). Desde uma perspectiva da ciência administrativa, o Estado Moderno é uma forma de organização burocrática, conforme Weber, Selznick, entre outros (MOTTA e PEREIRA, 1984).

As características do modelo de organização burocrática são integralmente encontradas no Estado Moderno e sua manifestação atinge a todos indistintamente. No entanto, esta conformação tem-se revelado incapaz de alcançar as demandas sociais cada vez mais complexas e exigentes. Amiúde, se revela a incompatibilidade entre as exigências cada vez mais diversas e o retorno oferecido pelo ente criado pela sociedade para suprir e organizar as demandas sociais.

De fato, pode-se perceber com cada vez maior intensidade que o Estado tem-se revelado incapaz de satisfazer minimamente aos agentes que o criaram, seja de uma perspectiva institucional – da aplicação da lei – seja de uma perspectiva administrativa, cujo interesse está na busca de maior eficiência e da entrega de oportunidades e bem estar de forma igual e paritária para a sociedade. Portanto, a busca de alternativas para a crise do Estado é uma imposição, mormente quando o convívio em sociedade começa a mostrar evidentes

sinais de fadiga e esgotamento em seu modelo, levando cada vez mais pessoas a questionar e até mesmo confrontar a própria concepção de autoridade outorgada, o que, em última análise, significa que os agentes deliberadamente começam a criar regras próprias, não importando as consequências para os outros agentes componentes do meio compartilhado.

2.1.1 Fundamentos da Lei Penal

Lei Penal, em seu sentido amplo, é uma espécie do gênero maior que é a Lei. Trata-se de um conjunto particular de regras que a sociedade considera especialmente importantes porque explicita condutas cuja prática é fortemente rejeitada e passível de punição, por serem condutas que atentam contra os mais importantes bens da vida social, particularmente o direito à vida, à liberdade e à propriedade.

Jesus (1995) afirma que, para coibir estas condutas inaceitáveis, o Estado estabelece sanções, procurando tornar invioláveis os bens que protege. Ao lado dessas sanções, o Estado também fixa outras medidas com o objetivo de prevenir ou reprimir a ocorrência de fatos lesivos aos bens jurídicos dos cidadãos como, por exemplo, multas monetárias e medidas de restrição de liberdade, quando o indivíduo não está aprisionado mas seus movimentos encontram-se controlados e limitados pela autoridade estatal.

Um bem jurídico deve ser entendido como qualquer bem, material ou imaterial, que possua valor (utilidade) para um agente, seja este valor quantificável monetariamente ou não (JESUS, 1995). Assim, muito embora não exista como valorar uma vida humana, por exemplo, este é o bem mais caro que uma pessoa humana tem ao lado da liberdade. Outros bens, como o direito à propriedade, possuem menor valoração. Não por acaso, as condutas criminosas que atentam contra a vida são as mais pesadamente sancionáveis pelas leis penais, cominando em geral aprisionamento e multa.

Ainda, segundo Jesus (1995), o meio de ação de que se vale o Direito Penal é a *pena*, constringendo o autor da conduta punível a submeter-se a um mal que corresponda em gravidade ao dano por ele causado. Mas, como esclarecia Aníbal Bruno (JESUS, 1995), na evolução do Direito a pena vem atenuando cada vez mais, sobretudo no momento da execução, seu caráter de retribuição e de castigo, e agora perde seu posto de sanção única do fato punível. Esta tendência crítica à forma de punição encontra muitos defensores na Europa meridional, particularmente nos países de tradição latina.

Jesus (1995) ainda menciona que as idéias modernas sobre a natureza do crime e as suas causas e a exigência prática de uma luta eficaz contra a criminalidade foram desenvolvendo, ao lado da velha reação punitiva, uma série de medidas que se dirigem não a punir o criminoso, mas a promover a sua recuperação social ao invés de segregá-lo do meio mesmo nos casos de desajustamento irreduzível. São as chamadas medidas de segurança.

Por outro lado, ainda outro meio de punição largamente utilizada nos países de origem saxônica (majoritariamente os de língua inglesa), seguindo a tradição de pragmatismo destas sociedades e a tendência de buscar mais a substância em detrimento da forma, é a pena monetária, ou seja, a multa pecuniária em espécie, prática muito pouco utilizada nos tribunais brasileiros, ainda presos à tradição burocrática e formalista portuguesa e largamente praticada nos meios forenses americanos e ingleses, especialmente quando da ocorrência do *plea bargain*, quando a autoridade estatal oferece ao acusado a opção de cumprir uma pena menor, normalmente uma combinação de aprisionamento com multa em dinheiro em troca de colaboração com a Justiça ou confissão de autoria do crime.

Ainda que possa existir controvérsia acerca desta prática, estima-se que 90% das condenações criminais nos estados Unidos sejam oriundas de *plea bargain* (GROSSMAN *et al*, 1983). Estudos mais recentes (PALERMO *et al*, 1998) confirmam estes dados, chegando a afirmar que em alguns períodos o percentual de condenações via negociação e não via condenação pelo Júri chegou a 95%. É razoável assumir que a situação pouco deve ter se alterado em períodos mais recentes.

Esta ressalva deve ser feita desde já, porquanto a formulação utilizada para modelar as variáveis precisa ser adaptada à realidade brasileira, sob pena de pouco refletir o contexto real sobre o qual o modelo está fundamentado. Apenas à guisa de antecipação, pelo menos dois itens componentes do modelo de Becker (1968) precisam de adaptação à realidade brasileira: tempo de aprisionamento e multa monetária impostas ao criminoso, cujos parâmetros de aplicação nas cortes brasileiras são dramaticamente diferentes de seus pares norte-americanos, por exemplo. Adicionalmente, mas não menos importante, um fator que se torna crucial no modelo é o tempo de duração de um processo penal, notoriamente conhecido como demorado e ineficiente nos tribunais brasileiros levando à percepção de total impunidade quanto ao autor de um crime.

2.1.2 Fundamentos do Processo Penal

Para a perfeita compreensão dos parâmetros que compõem o modelo e que são essenciais na validação do comportamento dos agentes, é necessário entender os fundamentos do processo penal executado pelo Estado. Segundo Nucci (2007), depois de cometida a infração penal, surge para o Estado o direito de punir através da legislação criminal (Código Penal e leis penais), com alicerce no direito fundamental de que *não há crime sem prévia lei que o defina, nem pena sem prévia lei que a comine*. Estas são as bases para o que é conhecido como *princípio do devido processo legal* e o *princípio da legalidade*, que sustentam a existência do Estado enquanto autoridade com poder para representar a vontade dos indivíduos, especialmente quando se encarrega de buscar a punição daquelas pessoas ou agentes que cometem crimes incompatíveis com a vida em sociedade.

Ainda, de acordo com Nucci (2007), o direito penal – que relaciona expressamente as condutas indesejáveis, conhecidas como *tipos penais* – que forma o corpo de leis voltado à fixação dos limites do poder punitivo estatal, somente se realiza, no Estado democrático de direito, através de regras previamente estabelecidas, igualmente para impedir os abusos eventualmente cometidos pelo próprio Estado.

Portanto, direito processual penal é o corpo de normas jurídicas – é uma *lei* – cuja finalidade é regular o modo, os meios e os órgãos encarregados de punir o acusado pelo Estado, e que realiza-se por intermédio do Poder Judiciário, incumbido de aplicar a lei ao caso concreto. Corresponde a uma instrumentalização da jurisdição, ou seja, da ação judiciária, em que se insere ação das partes, apresentando-se o processo penal como um conjunto de atos que se realizam de forma sucessiva, preordenados com vistas à solução de um conflito de interesses de alta relevância social (NUCCI, 2007).

O processo penal torna-se especialmente relevante para o modelo porque o cálculo da *desutilidade* (ANEXO E) utiliza-se de parâmetros baseados nesta lei. Assim, cabe destacar alguns princípios de particular relevância do processo penal, como forma de aferir a aderência do modelo à realidade que se propõe estudar, especialmente quanto às suas referências teóricas, pois interferem diretamente nos parâmetros posteriormente utilizados quando da definição do comportamento dos agentes simulados.

- a) *princípio da economia processual* – conforme Nucci (2007), é incumbência do Estado procurar desenvolver todos os atos processuais no menor tempo possível, dando resposta imediata à ação criminosa e poupando tempo e recursos das partes;
- b) *princípio do devido processo legal* – assegura que somente aqueles procedimentos expressamente previstos em lei podem ser utilizados pelo Estado para buscar a punição do infrator;
- c) *princípio da obrigatoriedade da ação penal pública* – decorre da combinação do princípio da legalidade penal associado aos preceitos constitucionais que conferem a titularidade da ação penal exclusivamente ao Ministério Público e, em caráter excepcional, à vítima. Explica Nucci (2007) que este princípio significa não ter o órgão acusatório, o promotor, nem tampouco o encarregado da investigação, o delegado, a faculdade de investigar e buscar a punição do autor da infração, mas o dever de fazê-lo. Ocorrida a infração penal, ensejadora de ação pública incondicionada, deve a autoridade policial investigá-la e, em seguida, havendo elementos (prova de materialidade e indícios suficientes de autoria), é obrigatório que o promotor apresente a denúncia;
- d) *princípio da indisponibilidade da ação penal* – uma vez ajuizada a ação penal, o Estado (na pessoa do agente promotor) não pode dela desistir, devendo buscar até o final do processo a condenação do agente criminoso, salvo casos bastante específicos onde é facultado ao promotor oferecer transação penal ao acusado e a consequente suspensão condicional do processo. Esta exceção ocorre no âmbito da Lei 9.099/95, conhecida como Lei dos Juizados Especiais Criminais (popularmente conhecidos como Juizados de Pequenas Causas), que tem o poder de processar e julgar aqueles crimes considerados de menor potencial ofensivo, segundo critérios estabelecidos pela própria Lei. Ainda assim, mesmo neste caso, o modelo proposto pode avaliar a eficácia deste procedimento ao computar o grau de reincidência dos criminosos que recebem este benefício (VIAPIANA e BRUNET, 2006). Não por acaso, os parâmetros que são coletados das decisões judiciais (ANEXO C) em decorrência destes princípios têm influência direta no projeto do modelo baseado em agentes.

O *princípio da economia processual* está personificado no tempo e na eficácia com que o Estado busca a punição do agente criminoso. A realidade fática brasileira se mostra muito distante da obediência deste princípio, pois se verifica que o fim proposto pelo processo

penal de apurar a culpabilidade do infrator e aplicar a pena (dimensão de eficácia) no menor tempo possível (dimensão de eficiência) revela-se não mais que uma ficção doutrinária, conforme evidenciam diuturnamente os noticiários a respeito do clima de total impunidade reinante no País. Nesta linha, o modelo propõe como variável de estudo a questão temporal para o término efetivo do processo penal, entendendo que a duração interminável de um processo criminal é um enorme potencializador de condutas criminosas, servindo como combustível à percepção de impunidade.

O *princípio do devido processo legal* obriga a que o modelo esteja sempre atrelado a uma ou várias condutas criminosas executadas simultaneamente e antecipadamente definidas, não sendo possível se modificar *a posteriori* o tipo de crime que se está analisando, pois a perfeita definição legal do crime repercute na formação dos parâmetros utilizados para a simulação.

Os *princípios da obrigatoriedade da ação penal pública e da indisponibilidade da ação penal*, por sua vez, acabam impactando diretamente nos parâmetros utilizados pelo modelo, porquanto as taxas de condenação, de aplicação de multas e eficácia do cumprimento da punição estatal e tempo decorrido para a resolução do processo são elementos diretamente afetados pelo comportamento dos agentes do Estado (juízes, promotores e policiais) responsáveis pela persecução penal. Cabe comparar, por exemplo, usando o modelo de Becker (1968), com os parâmetros obtidos nos Estados Unidos relativamente aos mesmos quesitos, especialmente às taxas de condenação, à cominação de penas monetárias e à execução das penas, mesmo considerando os casos em que o cumprimento da pena se deu devido a *plea bargain*, mas que resulta, ao fim e ao cabo, em punição ao infrator.

2.1.3 O Processo Penal no modelo baseado em agentes

Para modelar o comportamento e a interação dos agentes dentro do ambiente computacional de simulação, foram utilizados e adaptados os mesmos critérios utilizados no processo penal real. Assim, a ocorrência do fato criminoso é registrada, resumidamente, pela autoridade policial (agente policial) através da *notitia criminis* que é a ciência expressa da ocorrência do crime.

No modelo proposto, a *notitia criminis* ocorre quando o sistema registra a prisão em flagrante do ofensor, quando a vítima (ou objeto do crime), o criminoso e a autoridade policial

se encontram simultaneamente no mesmo local (*spot*). O modelo, aderindo aos princípios que regem o processo penal, especialmente o *princípio da indisponibilidade da ação penal*, quando da ocorrência deste evento, provoca imediatamente a “prisão” e retirada do ofensor de circulação, não admitindo outra hipótese, deixando no ambiente o registro no local da ocorrência do flagrante. O flagrante ocorrido na interação entre os agentes provoca conseqüências mais adiante detalhadas. Na hipótese de não haver policial na cena do crime e havendo possibilidade de cometimento do crime, o potencial ofensor realizará a conduta criminosa, porém deixando uma “cena de crime” registrada no ambiente de simulação. Também neste caso, a ocorrência do crime resulta em conseqüências mais adiante detalhadas, mas a polícia não registrará o flagrante, portanto, não haverá *notitia criminis*.

O modelo se apropria de outros procedimentos do processo penal para modelar o comportamento dos agentes e aferir a eficácia da persecução penal promovida pelo Estado. Bonfim (2007), por sua vez, menciona que a lei que regula o processo penal dispõe de uma seqüência simplificada de eventos após a ocorrência do delito, registrado através da *notitia criminis* e que inaugura o inquérito policial.

Esta peça, de responsabilidade da autoridade policial (NUCCI, 2007), terá a finalidade de apurar as circunstâncias do delito e especialmente descobrir a materialidade (o corpo de delito) e os indícios de autoria. Concluído o inquérito, a autoridade policial pode ou não indiciar o acusado. Se indiciar, remete o inquérito para o promotor público que decidirá se vai ou não oferecer *denúncia*, baseado nos meios de prova juntados pela autoridade policial no curso da investigação. Dependendo do caso, o promotor oferece a *denúncia* que será recebida pelo juiz da causa. A partir deste momento, o procedimento passa a ser judicial, cujo final esperado é a absolvição ou condenação do indiciado, não havendo nenhuma possibilidade, como no direito saxônico do *plea bargain*.

No modelo baseado em agentes, esta seqüência de eventos está registrada nos parâmetros de desutilidade usados para verificar a tendência do agente de cometer ou não o crime, segundo a formulação sugerida por Becker (1968). Sua utilização se justifica para que seja possível aferir dinamicamente a eficácia da atuação das autoridades estatais na persecução do criminoso, desde a fase do inquérito, onde atua o policial, até a fase processual, com a interferência de juízes e promotores. Para refletir esta seqüência de eventos o modelo propõe a utilização de uma razão entre duas distribuições de frequência: a probabilidade de conclusão e indiciamento do acusado através do inquérito pela probabilidade de condenação do indiciado nas penas cominadas pelo código penal.

O modelo, por sua vez, “aprende” com a interação dos agentes no meio ambiente e esta informação é continuamente atualizada toda vez que o sistema registra a ocorrência de um flagrante. Como já foi descrito, de acordo com o código de processo penal, qualquer ocorrência de crime deve ser *obrigatoriamente* registrada através da *notitia criminis*. Como o modelo registra a ocorrência de um flagrante, este *obrigatoriamente* deve transformar o flagrante em inquérito policial, para assim, movimentar a máquina do Estado na persecução penal. As hipóteses de indiciamento e/ou condenação são deixadas para que o modelo as avalie, segundo os parâmetros pré-alimentados no sistema (ANEXO E). Desta forma, o modelo, dinamicamente, revela as propriedades emergentes decorrentes desta interação entre os agentes autônomos, variando continuamente as variáveis que compõem os parâmetros de cálculo.

2.1.4 Teorias Econômicas do Crime

Economia e crime em princípio não parecem ter uma relação direta, em sua forma de análise e campo de atuação. De fato, considerando puramente seus objetos de estudo fatalmente se chegaria à conclusão que a violação da lei por um agente que realiza um tipo penal não se relaciona, necessariamente, com a busca de maior eficiência na utilização de recursos, que de uma forma bastante genérica é o objeto de estudo da economia.

No entanto, como já alertava Tullock (ROWLEY, 2004), a economia passou a exercer certo imperialismo sobre as ciências sociais, penetrando em praticamente todas elas através de seu método de estudo, buscando sobretudo a sistematização e a quantificação dos fenômenos. Com a criminalidade não seria diferente. Desta forma, ainda que de maneira não muito ortodoxa na percepção de criminalistas mais ligados à dogmática jurídica pura, a ciência da criminologia acrescentou ao seu já vasto referencial a abordagem econômica.

Com efeito, o comportamento humano tem sido estudado sob as mais diversas abordagens, desde um enfrentamento puramente psicológico e individual, passando pelo estudo do comportamento coletivo e, portanto, social dos agentes. Marshall (1983), no entanto, já concebia a Economia como uma maneira de estudar o comportamento humano. Em sua obra clássica (MARSHALL, 1983), afirma que a economia é um estudo da Humanidade nas atividades correntes da vida. Mais ainda, identifica que os dois grandes fatores da história do mundo tem sido o religioso e econômico (MARSHALL, 1983),

motivadores desde progressos tecnológicos como de atrasos de civilizações inteiras, condenadas a viver sob mentalidade medieval.

Portanto, desde muito se percebia a relação próxima entre a conduta humana e seus condicionantes econômicos. As teorias econômicas do crime se inserem dentro do contexto mais amplo conhecido como análise econômica da lei, também conhecido como teoria econômica da criminalidade.

Esta abordagem insere no âmbito da análise legal os conceitos de eficácia e eficiência, sendo que o primeiro significa que a lei atinge os objetivos propostos e o segundo, nas palavras de Posner (1992), refere que a alocação dos escassos recursos é maximizada tanto em nível individual, como social. Portanto, o termo eficiência dentro da esfera jurídica significa que a lei deve promover o seu objetivo na forma mais eficiente possível. Esta correlação entre eficiência e cumprimento da lei estabeleceu definitivamente os laços que formam a análise econômica da criminalidade, ou de uma forma geral, da lei.

A influência desta escola criminológica chegou a tal ponto que Tullock (ROWLEY, 2004) chega a afirmar que tem esperança que chegará o dia em que os biólogos prestarão atenção a seus estudos, considerando o impacto que Malthus exerceu sobre uma geração inteira destes profissionais em épocas passadas, referindo assim o peso que o método de estudo econômico impõe sobre seu objeto de estudo.

Desta forma, a abordagem econômica do crime é relativamente nova, muito embora seu substrato, a Teoria da Escolha Racional, remonte ao século passado (VIAPIANA, 2006). Os estudos baseados nesta linha de pesquisa sofreram forte incentivo a partir do texto seminal de Gary Becker (1968), *Crime and punishment: An Economic Approach*, que se tornou rapidamente um divisor de águas no estudo do fenômeno da criminalidade. Isto porque só muito recentemente a noção de que indivíduos fazem suas escolhas ponderando custos e benefícios começou a ser utilizada por algumas escolas de pensamento da criminologia. Até então, segundo Viapiana (2006), a criminologia seguia majoritariamente conceitos trazidos pela Sociologia, Psicologia e Antropologia.

Historicamente, Cesare Beccaria é considerado o fundador da criminologia em sua vertente antropológica. Segundo Saldaña (2003), Beccaria foi o primeiro pensador a afirmar que a punição exercida pelo Estado ao infrator tinha uma finalidade fundamentalmente preventiva, mais do que retributiva, inaugurando o termo em inglês que resumiria sua finalidade precípua: *deterrence*. Apesar de sua obra tratar especificamente sobre a aplicação e

utilidade da pena de morte (que ele pormenorizadamente considerava inútil e injustificada), teve enorme impacto nos meios legais e acadêmicos da época, tendo fortemente influenciado Jeremy Bentham, criador da doutrina utilitária (VIAPIANA, 2006).

Beccaria, segundo Saldaña (2003), foi quem realmente inaugurou o direito penal moderno, com seu clássico *Dei delitti e delle pene*. Sua obra foi a primeira a enfrentar a necessidade de reforma do sistema penal, dizendo que este deveria seguir fundamentalmente princípios racionais. Curiosamente, foi um profundo sentimento pessoal relativamente ao sofrimento humano injusto que animou Beccaria a insistir que os critérios para um Direito Penal justo, tanto no aspecto da punição como na fixação da pena, deveriam ser puramente racionais, ao melhor estilo da linha de Bentham (SALDAÑA, 2003).

Ao observador atento não passará despercebido que os postulados de Beccaria, relativamente à finalidade da punição, foram quase inteiramente retomados por Becker (1968) e seus sucessores na escola econômica do crime. Cabe destacar aqui que o princípio norteador da pena reside justamente na capacidade que a punição tem de exercer sobre a percepção dos outros potenciais ofensores, para que estes não cometam o crime, ou seja, que a real possibilidade de prejuízo ou altíssimo custo imposto ao infrator iniba a própria conduta. Neste caso, torna-se irrelevante conjecturar sobre a finalidade de ressocialização do condenado sustentada por outras escolas de pensamento, já que aqui esta não é a finalidade da punição.

Uma das premissas utilizadas como base do modelo é de que o comportamento humano é *racional* (ANEXO C), segundo o conceito econômico de racionalidade. Segundo esta terminologia, por natureza o ser humano busca sempre passar de uma situação menos satisfatória para outra mais satisfatória. O incentivo para agir é sempre certa dose de insatisfação com a situação atual. Generalizando, o ser humano busca sempre que possível maximizar sua utilidades marginais (BRENNER, 2001) e minimizar seus custos marginais.

Eide (1999) enfatiza que o que leva a ocorrência do crime é o lucro a ser obtido. A dor da punição é a forma utilizada para inibir este comportamento. Da relação entre lucro ou perda percebida pelos agentes resultará ou não o crime. Desta forma, comportam-se como qualquer outro ser humano que agem como maximizadores racionais de suas funções utilidade.

Seguindo esta linha de raciocínio verifica-se que a noção de que os indivíduos fazem suas escolhas ponderando custos e benefícios já foi utilizada por algumas escolas de pensamento da criminologia, especialmente a Teoria das Oportunidades e a Teoria da Escolha

Racional. A Teoria das Oportunidades está delineada em um texto de Cohen e Felson (1979), notoriamente conhecida por *Routine Activity Approach*, enquanto a Teoria da Escolha Racional surgiu a partir do artigo de Clarke (1995).

A Teoria das Oportunidades propõe que a ocorrência do delito está intrinsecamente conectada a uma *oportunidade* que se revela disponível diante do potencial criminoso. Os autores classificam como “normal” a ocorrência do crime e não necessariamente uma patologia que diferenciaria a personalidade criminosa da não-criminosa. Sustentam ainda que, se a oportunidade é suficientemente interessante (*worth it*) e não está suficientemente protegida, o crime irá fatalmente ocorrer.

Cohen e Felson (1979) declaram que o crime não prescinde de criminosos condenados com antecedentes, que revelem uma pré-disposição para o delito. O crime precisa apenas de uma *oportunidade*, que qualquer cidadão pode potencialmente cometer. Desta simplicidade conceitual, os autores cunharam o termo *routine activity*, denotando que a maioria dos crimes de pequena monta não são registrados em ocorrência policial, escapando assim aos controles estatísticos. Crime, na visão destes autores, de uma forma geral, não é um evento dramático, e muito menos espetacular, chegando mesmo a ser mundano, ocorrendo a todo e qualquer momento.

Um ponto, no entanto, que causou controvérsia, especialmente nos meios mais engajados da criminologia associada à Sociologia, é a tese de Cohen e Felson de que a ocorrência do crime não está necessariamente relacionada a fatores sociais, como pobreza, desigualdade ou mesmo desemprego. Um dos exemplos mencionados pelos autores é a situação ocorrida no período pós 2ª Guerra, quando todos os indicadores sociais dos Estados Unidos estavam em franca expansão, em face do crescimento acelerado que a economia experimentava. Contrariamente ao esperado pelos especialistas que sustentavam que indicadores sociais pobres teriam como consequência aumento da criminalidade, deu-se exatamente o contrário, isto é, o aumento geral de renda e riqueza foi também acompanhado por aumento nos índices de criminalidade. Cohen e Felson (1979) defendem que o fenômeno ocorreu simplesmente devido ao aumento considerável de *oportunidades* disponíveis.

A Teoria da Escolha Racional, proposta por Clarke (1995), retoma diversos conceitos propostos por Cohen e Felson (1979), especialmente aqueles que se relacionam às oportunidades e a atividade rotineira. Clarke (1995) descreve o evento criminoso como sendo aquele momento em que o potencial criminoso decide por cometer o crime após considerar um conjunto de variáveis, como a sua necessidade de dinheiro, valores pessoais, experiências

aprendidas, como está protegido o local alvo do potencial crime, grau de riqueza do bairro, frequência de comparecimento da polícia, entre outros.

Antes de cometer o crime, o criminoso “racional” avalia todas estas condições em termos de possibilidades de ganhos e perdas, a severidade das penas em caso de prisão e a necessidade imediata ou não dos valores monetários. Clarke (1995) propõe uma série de técnicas de diminuição de *oportunidades*, com o objetivo de tornar o mais desinteressante possível para o potencial criminoso tentar levar adiante o seu intento. Como exemplo, sugere o aumento de segurança dos locais potencialmente alvos, câmaras de segurança, dispositivos de rastreamento, etc. Clarke (1995) parte da premissa de que o custo envolvido na prevenção da atividade criminosa sempre será inferior ao custo do aprisionamento e encarceramento dos criminosos que eventualmente violarem a lei. A teoria assume que qualquer pessoa, ao avaliar riscos e benefícios de uma decisão, cria uma escala hierárquica de preferências baseadas na *utilidade* esperada.

Alguns críticos da teoria mencionam que tais iniciativas, quando tomadas em um determinado *espaço*, simplesmente deslocariam o potencial criminoso para áreas menos protegidas. O próprio autor refere que a crítica não se mostrou sustentável em fatos. A comprovada relação custo-benefício favorável à prevenção, contrariamente ao dispêndio de recursos após a ocorrência, isto é, ao encarceramento, torna o modelo proposto por Clarke (1995) bastante atrativo.

Conforme resta claro, as duas correntes se complementam, uma vez que se utilizam dos mesmos conceitos adequados às circunstâncias que se apresentam, apenas diferenciando-se na forma de abordar o problema.

Tangerino (2007), por seu turno, relaciona a criminalidade diretamente com organização urbana (ambiente), seguindo assim os ensinamentos de criminologia da Escola de Chicago. Segundo esta linha de pesquisa, a cidade exerce papel fundamental na definição de *áreas* onde a criminalidade se faz sentir de modo mais acentuado. Nestas áreas, o controle social formal e informal se rarefazem, tornando-as mais propensas ao surgimento e manutenção do fenômeno criminal. As idéias desta Escola se justificam por três razões, segundo Tangerino (2007):

a) por ser a cidade o objeto central de estudos dessa Escola, enfatizando, portanto, o fator *ambiental* como fundamental;

b) pela compreensão do crime como produto da ausência de laços sociais; e

c) pela abordagem preventiva trazida pela Escola, qual seja, a de fortalecimento das instituições locais como estratégia de prevenção da conduta delituosa (uma vez que esse fortalecimento gera controle social formal).

O mesmo estudo refere, a título de comparação, que a distribuição das taxas de homicídio em São Paulo indica similitude fática entre seus índices e da cidade de Chicago estudada pelos sociólogos e criminólogos em questão. Shecaira, em sua obra *Criminologia* (TANGERINO, 2007) apontou com detalhes a importância metodológica da Escola de Chicago, cotejando-a com pesquisas recentes no Brasil, tal como a realizada em 1995, pelo Centro de Estudo de Cultura Contemporânea (CEDEC), no sentido de elaborar um *mapa da violência*, apresentando dados quantitativos que relacionassem a violência urbana com as condições sociais existentes na capital paulista.

Conceito central da escola de Chicago é a idéia de Ecologia Humana, que tem sua origem na palavra *oikos*, que significa casa, moradia, habitação e sua rede complexa de interconexões. A menção à Ecologia Humana reflete intensamente a importância que esta Escola dá ao espaço urbano como *agente* ativo na compreensão do fenômeno criminoso.

Por este conceito, os processos de deterioração física dos prédios levam a uma modificação do tipo de povoamento, que produz, por sua vez, uma tendência de diminuição de aluguéis, selecionando níveis de população de rendimento cada vez mais baixo, vindo a mudar o perfil de uso das construções. Para complementar, cabe ressaltar que esta Escola é a primeira a romper com qualquer concepção etiológica do delinqüente. Chicago abandona a hipótese de que haja um “homem delinqüente” e centra seus estudos nas circunstâncias sociais que levam pessoas a delinqüirem, à semelhança de Durkheim e Merton (VIAPIANA, 2006). Neste ponto, aproxima-se das conclusões posteriores, tanto de Cohen e Felson (1979) como de Clarke (1995), que recusam esta linha de raciocínio, herdeira dos escritos de Lombroso.

Scheinkman *et al* (1995), no entanto, realizaram estudo demonstrando restrições acerca do padrão espaço-temporal do crime, contradizendo em alguma medida Cohen e Felson (1979), declarando que, ao contrário do que afirmava o senso comum, houve períodos nos Estados Unidos em que a criminalidade decresceu substancialmente. Através de estatísticas, demonstram a profunda diferença entre índices de criminalidade em diferentes localidades em todo os EUA. Os autores referem que a primeira explicação simplista para o fenômeno é a de que as condições sócio-econômicas das diferentes localidades variam nas mesmas proporções. No entanto, entre localidades de perfis semelhantes, uma delas tendo maior taxa de desemprego, menos educação e mais pobreza apresenta índices de crimes

menores que sua co-irmã, o que contraria o senso comum de que condições degradadas de vida contribuem para o cometimento do crime.

Os autores buscaram outro modelo para explicar a criminalidade, o de interações sociais, afirmando que determinados crimes se mostram mais suscetíveis de influenciar os pares do que outros. Afirmam que determinadas modalidades criminosas são extremamente afetadas por laços familiares. Onde existe um forte substrato familiar, a transmissão das escolhas criminosas é prejudicada. Contrariamente, os fracos laços familiares permitem a multiplicação (*peer pressure*) das escolhas criminosas através de interações sociais. As conclusões destes autores coincidem com os obtidos por Bargh (1996, 1999), quando este estuda a influência do meio na determinação das escolhas dos agentes.

Parece evidente, finalmente, que não é possível delimitar o espectro de análise do fenômeno da criminalidade apenas a uma linha de pesquisa, pois é possível encontrar substrato de comprovação para qualquer uma delas, de acordo com as circunstâncias que se oferecem. Melhor dizer que o crime é um fenômeno complexo, guardando características comportamentais do agente, características de envolvimento do poder público, através da atuação do Estado, características relativas às oportunidades de crime que se mostram e características espaciais que circunscrevem a interação dos agentes e atuam ativamente durante a ocorrência do fenômeno.

Verifica-se que, conforme o contexto de análise, algumas características podem exercer maior influência do que as outras, podendo variar dinamicamente. Acentua Viapiana (2006) que, nessa medida, o crime não é um evento que resulta de anormalidades ou traços biológicos, da mesma forma que não pode ser visto apenas como um fenômeno determinado imperativamente pelas condições sociais e econômicas, visão abrigada por muitas escolas criminológicas que seguem a orientação sociológica.

2.1.5 Fundamentos de Criminologia

O estudo do fenômeno da criminalidade, como já visto, vem de longa data, abarcando, à medida que a complexidade do assunto aumentava, o conhecimento das mais diversas áreas. Isto se deve ao avanço da civilização e da tendência inexorável à urbanização da sociedade, especialmente a ocidental. O interesse interdisciplinar da *criminologia*, contudo, sempre focou sua lente sobre o comportamento humano primeiramente, em sua fase clássica, do indivíduo,

e posteriormente assumindo o crime como um fenômeno coletivo, social. Assim, diferentemente das premissas assumidas pelos grandes vultos que estudaram o crime sob uma perspectiva racional e econômica, o interesse da criminologia enquanto ciência autônoma e interdisciplinar ia mais além, sendo, na verdade, a origem de todas as outras escolas que a sucederam.

Definir os termos exatos desta ciência permite que o pesquisador sempre esteja atento aos avanços em diversas áreas do conhecimento, podendo agregar atributos ao modelo de agentes utilizado, pois o *framework* proposto considera as duas vertentes (individual e social) da ciência criminológica como parte integrante dos atributos de interação do sistema multiagente. Não por acaso, ao se verificarem as propriedades intrínsecas do sistema multiagente (BARONE, 2003), relativamente ao conceito de agentes e sua interação, percebe-se o quanto de paralelismo existe entre os dois campos (individual e social), tornando o sistema especialmente adequado para a simulação de cenários complexos.

Segundo Saldaña (2003) a criminologia procura estudar, em primeiro plano, a causa do delito (etiologia criminal) segundo sua aparição (a sintomatologia), donde resulta o conhecimento (diagnóstico criminal) por comparação com outros casos já conhecidos (diagnóstico referencial) e a distinção das variedades (classificação dos criminosos).

Pablos de Molina (2006) entende a criminologia como ciência empírica e interdisciplinar, que se ocupa do estudo do crime, da pessoa do infrator, da vítima e do controle social do comportamento delitivo, e que trata de subministrar uma informação válida, contrastada, sobre a gênese, dinâmica e variáveis principais do crime – contemplado este como problema individual e como problema social – assim como sobre os programas de prevenção eficaz do mesmo e técnicas de intervenção positiva no homem delinqüente e nos diversos modelos ou sistemas de resposta ao delito.

Desde já, por esta definição, é possível destacar algumas características fundamentais, segundo o autor, do método aplicado ao estudo da criminologia, qual seja, empirismo e interdisciplinaridade, antecipando o objeto (análise do delito, do delinqüente, da vítima e do controle social) e suas funções (explicar e prevenir o crime e intervir na pessoa do infrator e avaliar os diferentes modelos de resposta ao crime). Dito isso, ressalta Pablos de Molina que, modernamente, a ciência criminológica se concentra nos seguintes pontos:

- a) trata o crime como “problema”;

- b) incorpora em seu objeto as investigações sobre a “vítima” do delito e o denominado “controle social”, procurando agregar conhecimentos sociológicos para, assim, se afastar do biologismo positivista, herdado de Lombroso, um dos seus precursores;
- c) acentua a orientação “prevencionista” do saber criminológico, frente à obsessão repressiva explícita em outras definições convencionais, porque interessa prevenir eficazmente o delito e não buscar a solução através do castigo; e
- d) substitui o conceito de “tratamento” pelo de intervenção, buscando afastar-se da esfera puramente individual para agregar a esfera coletiva de manifestação.

Para Mayrink da Costa (2005), criminologia é uma ciência baseada estritamente em fatos. Tem por objeto fenômenos do mundo do ser: o crime, sua execução, repressão e prevenção e, portanto, predomina nela o caráter indutivo de ciência da realidade. Segundo este mesmo autor, a criminologia pode ser definida:

- a) em sentido estrito, em que se limita à investigação empírica do delito e da personalidade do delinqüente;
- b) em sentido amplo, incluindo a análise do conhecimento experimental científico sobre as transformações do conceito de delito (criminalização) e sobre os mecanismos de enfrentamento (polícia e justiça), indicando que seu objeto abarca o sucesso da “origem das leis, a lesão de tais leis e a reação das infrações penais”; e
- c) como um ciência experimental, constituindo-se em uma disciplina autônoma.

Portanto, o estudo do fenômeno criminoso através de modelos computacionais, servindo-se para isso de dados oriundos das mais diversas fontes e que interagem entre si em várias dimensões, pode ser aceito como forma experimental de estudo criminológico. Ainda que a manifestação de propriedades emergentes decorra de interação de entidades autônomas, porém restritas em seu grau de cognição, o aprendizado dinâmico do sistema, que se adapta conforme novos dados emergem do comportamento aleatório, revela novos conhecimentos que individualmente não seriam visíveis.

Neste particular, a simulação através de agentes coincide com a tendência cada vez maior das ciências criminais de estudarem o fenômeno em seu meio, ou seja, em seu habitat

de interação social, abandonando a visão puramente individualista, característica da Escola Clássica da criminologia, hoje em desuso.

2.1.6 A Criminalidade como fenômeno complexo e sistêmico

As nuvens ficam pesadas, o céu escurece, as folhas giram no chão: sabemos que vai chover. Sabemos também que depois da tempestade a água da chuva alimentará os lençóis d'água, a quilômetros de distância e que pela manhã o céu estará claro outra vez. Todos estes eventos estão distantes no tempo e no espaço, mas estão conectados em um mesmo padrão. Um tem influência sobre o outro, uma influência que em geral não é aparente. Só poderemos entender o sistema de uma tempestade contemplando o todo, não uma parte individual do padrão. (SENGE, 1990, p. 40)

Senge (1990) usa esta metáfora para indicar que determinados fenômenos não podem ser analisados isoladamente, por partes, sob pena de não se poder captar o que interessa que está na interação e interconexão de todos os pequenos movimentos entre si. Senge (1990) comenta que o pensamento sistêmico não ignora a complexidade, por visualizar “uma floresta” ou “um monte de árvores”. Analisar sistemicamente significa ver através da complexidade, enxergando suas estruturas subjacentes que estão interconectadas dinamicamente. Andrade *et al* (2006) enfatizam ainda que maneiras diferentes no modo de analisar um problema acabam interferindo nos resultados e nas conclusões extraídas da análise.

A criminalidade é um fenômeno que exige a abordagem sistêmica que os sistemas multiagentes permitem seja implementada. Andrade *et al* (2006) mencionam que, ao contrário da visão sistêmica, para se utilizar uma análise mecanicista o fenômeno objeto de observação deve possuir:

- a) razoável grau de estruturação;
- b) razoável estabilidade do ambiente;
- c) baixo grau de complexidade dinâmica;
- d) baixo grau de influência das percepções de diferentes atores a partir de distintos interesses.

Não resta a menor dúvida de que o crime, como fenômeno social, não se enquadra em nenhum dos quesitos citados. Uma das evidências desta afirmação é de que nenhuma das teorias do crime já propostas consegue abarcar completamente todas as hipóteses possíveis

contidas em uma única conduta. Independentemente da enorme variedade de crimes, interessa, na verdade, ressaltar que as condutas criminosas, ainda que particularizadas, fazem parte de um todo, sofrendo influências permanentes de um conjunto de variáveis e não apenas de uma isoladamente.

Andrade *et al* (2006) ressaltam que a análise mecanicista se vale do processo analítico, que, ao delimitar “fronteiras”, isola a parte do todo, perdendo os relacionamentos, com o objetivo de melhor controlar os resultados, além de exercer o que os autores cunharam de reducionismo e atomismo exacerbado. Mais do que perceber a estrutura sobre a qual está assentada a criminalidade, torna-se mais importante revelar o processo no qual ela se manifesta.

O modelo multiagente, ao relacionar dinamicamente teorias que, em tese, não teriam, nenhuma correlação, busca justamente este resultado emergente. Os referenciais teóricos utilizados para modelar as interações entre os agentes propostos não foram concebidos simultaneamente sobre as mesmas bases, tendo apenas linhas de pensamento que se tangenciam; no entanto, as relações que surgem de sua interação criam fenômenos que não são observáveis individualmente.

2.1.7 A Teoria Econômica da Execução Pública da Lei

A análise econômica da lei é um tema consolidado já há algum tempo na academia, tendo uma quantidade expressiva de trabalhos publicados por diversos autores de renome. Esta linha de estudos procura associar os conhecimentos e fundamentos da teoria jurídico-legal aos fundamentos e técnicas típicas da teoria econômica, tanto em nível microeconômico quanto macroeconômico. Através dessa combinação, é possível avaliar os efeitos da lei quando da sua aplicação, tanto no aspecto de sua eficácia – se atinge o objetivo a que se propõe – quanto da eficiência – se atinge seus objetivos da melhor forma possível para a sociedade.

Não existe exatamente um marco inicial desta corrente, mesmo porque diversas obras clássicas sobre Economia já entrelaçavam os assuntos formalmente, como por exemplo, Adam Smith, com seu clássico *A Riqueza das Nações*, quando analisa os efeitos econômicos da legislação mercantilista (SHAVELL, 2004). Não sem surpresa, a análise econômica da lei tem tido grande influência nos Estados Unidos, permeando tanto estudiosos de economia como aqueles oriundos da área jurídica. Shavell (2004) menciona que o alcance dos estudos

toca questões centrais da área jurídica, como, por exemplo, propriedade, acidentes, contratos, litígio e finalmente, direito criminal.

Ainda que a nomenclatura seja um tanto distinta entre os Estados Unidos e o Brasil, em face da experiência legal ter origens diferentes, os mesmos temas no Brasil seriam tratados pelo Direito Civil, através do Código Civil, que aborda, por exemplo, vários temas que são tratados por esta Escola, como direito das obrigações, direito contratual, direito de propriedade, direito de família, responsabilidade civil por acidentes – em todas as suas formas –, processo civil e processo penal, direito tributário e uma vasta quantidade de especialidades jurídicas que não só admitem, como se beneficiam substancialmente dos conhecimentos agregados pelas técnicas e sistemáticas de estudo propostas, em face do seu rigor científico.

Shavell e Polinsky (2000) acrescentaram uma grande contribuição ao publicarem seu trabalho, onde relacionam diretamente a influência econômica nas relações jurídicas a partir das conseqüências da aplicação da lei, verificando especialmente o impacto ocorrido no curso das diversas formas de interpretação legal, não somente do ponto de vista criminal, mas também sob vários aspectos do direito civil, por exemplo, quando estudaram as conseqüências em custos incorridos dos litígios sobre responsabilidade civil nas cortes de Justiça americanas. Na verdade, também em outras partes do mundo, e os Estados Unidos não são exceção, a população sofre com uma prestação jurisdicional deficiente, morosa e cara.

No Brasil, infelizmente, face às suas características peculiares, mas principalmente em função da extrema desigualdade social, os números da pífia performance da justiça atingem contornos de calamidade, revelados diariamente em noticiários na mídia. Apenas para se comparar, acentuando a importância da relação custo-benefício da justiça, os juízes da Suprema Corte norte-americana, responsável pelos processos que tratam de matéria estritamente constitucional e com repercussão nacional, julgam, em um ano, não mais que algumas dezenas de processos, enquanto que seus pares no Supremo Tribunal Federal, em Brasília, que analogamente possuem a mesma atribuição, chegam a julgar dezenas de milhares de processo no mesmo período.

Dados de 2004 revelam que foram julgados pelos ministros do STF 52.508 processos pelos ministros da ativa (CONJUR, 2007). No ano de 2006, foram recebidos para julgamento pelos 11 ministros a soma de 116.215 processos e 110.734 em 2007, havendo pequena diminuição fruto de mudanças na lei que impediram vários processos de chegar ao STF (STF, 2007). A matemática claramente joga contra o judiciário brasileiro, justificando a relevância do presente trabalho.

O estudo da punição e aplicação da lei sob perspectiva racional através de agentes públicos tem sido assunto tratado há tempo na literatura (SHAVELL, 2004). A razão para tanto é intuitiva, pois resta evidente que o próprio conceito de convivência social está permeado por regras de conduta aplicáveis a um conjunto de agentes cuja interação, via de regra, tem impacto econômico, assim como as punições previstas para aqueles que violam estes princípios de convivência comum.

Shavell e Polinski (2000) abordam em seu estudo os seguintes questionamentos:

- qual a quantidade de recursos que a sociedade deve direcionar com o objetivo de capturar criminosos (*violators*)?
- como devem ser cumpridas as obrigações legais? Devem ser estritas ou baseadas no dano causado pelo crime?
- deve a forma de sanção penal ser baseada no aprisionamento do agente ou em multas pecuniárias? Ou em uma combinação entre as duas modalidades?
- qual o nível, ou grau, que estas sanções devem aplicadas? Estas sanções penais devem ser aumentadas ou diminuídas em face do custo social da punição dos violadores (*prevenção versus encarceramento*)?
- quais as modificações possíveis no sistema considerando os erros na aplicação da lei através de seus agentes públicos? Como um sistema penal deve ser estruturado de forma a desencorajar a prática de delitos?
- qual a implicação para a imposição da lei se o agente violador é uma corporação ou organização ao invés de um indivíduo?
- como acordos judiciais ou extrajudiciais (*plea bargain*) refletem em todo o sistema de aplicação da lei?
- as penas devem ser reduzidas se o criminoso, de forma eficaz, reportar à autoridade pública antes desta capturar o violador?

O modelo baseado em agentes proposto no presente trabalho busca responder a estas questões através da simulação de cenários, uma vez que a execução da lei está associada a uma função-custo para justamente avaliar como o sistema legal pode empregar melhor os recursos da sociedade e, além disso, ter mais efetividade em termos de combate à criminalidade. Os autores cunharam a expressão *The Economic Theory of Public Enforcement*

of Law (SHAVELL e POLINSKI, 2000) para enfatizar a importância que o agente Estado tem para a administração da justiça, ou seja, é condição impositiva para a aplicação da lei a pré-existência do conceito de coisa pública, que pertence a todos.

2.2 O COMPORTAMENTO DOS AGENTES COMO FUNÇÃO ECONÔMICA

A análise econômica da lei, quando interpretou formas de repressão (*deterrence*) aplicadas às condutas criminosas dos agentes, se valeu de forte impulso quando Gary Becker (1968) publicou seu artigo seminal: *Crime and Punishment: An Economic Approach*. Becker (1968) associou duas variáveis econômicas a uma probabilidade, modelando assim o comportamento dos agentes no âmbito do cometimento do crime. Este equacionamento é a premissa para o comportamento dos agentes.

O esquema formal de análise segue o seguinte modelo teórico:

$$g > p(f + l t) \quad (1)$$

Onde:

g = ganho que o violador obtém ao praticar a atividade criminosa;

p = probabilidade de captura (*detection*);

f = multa;

t = tempo de cumprimento da pena;

l = desutilidade que o agente deve suportar por unidade de tempo de cumprimento de pena. (Aversão ao risco de aprisionamento).

Considerando este formalismo teórico, um agente – neutro em relação à aversão ao risco de aprisionamento – cometerá o delito somente se o seu ganho obtido exceder à soma da multa pecuniária aplicada com a desutilidade para suportar o cumprimento da pena. Ao longo do presente trabalho, este formalismo é utilizado de forma a ajustar o modelo às diversas nuances da prática criminosa e as propostas para a aplicação/imposição da lei.

Shavell (2004), quando analisa a lei criminal sob o prisma econômico, questiona a própria razão da existência desta, que impõe penas graves de aprisionamento (cerceamento de liberdade), ao lado de outras formas de punição. Ainda, Shavell (2004) argumenta que a

própria sociedade exige a existência da lei criminal para limitar e controlar comportamentos que de outra forma não poderiam ser adequadamente administrados.

Acrescenta o mesmo autor que, na raiz desta orientação, está a concepção de que tais condutas são tão graves que apenas as penas pecuniárias não seriam suficientes para coibi-las, requerendo formas mais graves de punição. No entanto, cabe sempre ressaltar, o fundamento do aprisionamento e outras formas de punição, na visão desta Escola, na esteira na herança deixada por Bentham, é a prevenção, ou seja, o desencorajamento para condutas semelhantes. Não se cogita se utilizar das penas graves como forma de retribuição ou reparação à vítima ao dano causado pelo criminoso. Na verdade, deflui-se desta afirmação que a existência e certeza de punição grave servem justamente para que esta não seja aplicada, procurando sempre levar à percepção do potencial criminoso de que o cálculo de expectativa de ganho ser-lhe-á sempre, na medida do possível, desfavorável.

Becker (1968) utilizou-se, como substrato de seu trabalho, da Teoria da Escolha Racional, ou da maximização da utilidade esperada. Neste sentido, postula que a atividade criminosa não possui particularidade criminológica específica nenhuma, apenas uma opção racional tomada pelo agente em um determinado momento, após avaliar a maximização da utilidade esperada, face à decisão. Foi seguido posteriormente por Cohen e Felson(1979), Clarke(1995), que compõem o referencial teórico do modelo proposto, além de efetivamente inaugurar uma nova linha de pensamento criminológico.

2.3 A SOCIEDADE ARTIFICIAL

Barone (2003) menciona que o campo de pesquisa denominado *vida artificial* (*artificial life*, ou *alife*) é, por natureza, interdisciplinar e de limites extremamente difusos. É vista como uma área da ciência que tem como objetivo estudar o comportamento de sistemas artificiais (ou sintéticos) que apresentem características semelhantes a organismos vivos ou a aplicação de alguns dos mecanismos nestes encontrados como técnicas de possíveis abordagens, provenientes dos mais diversos domínios do conhecimento.

Prossegue Barone (2003) afirmando que um conceito fundamental para quem estuda vida artificial é o do comportamento emergente. A partir de comportamentos simples por parte dos indivíduos, sistemas (vistos com um todo), podem possuir uma funcionalidade não explicitamente programada. Diz ainda que, em sistemas desprovidos de limitações externas

(como é o caso de modelos provenientes da *Alife- Artificial Life*), não é possível determinar completamente que comportamento global deve emergir. No entanto, existem indícios de que sistemas são capazes de impor implícita e internamente limites às suas ações. Mais especificamente, Barone (2003) sugere que o estudo de Sociedades Artificiais propõe uma metodologia baseada no princípio de sistemas sinérgicos, oriundo da Cibernética de Norbert Wiener.

Sociedade artificial é um novo paradigma dentro da esfera da *Inteligência Artificial* (IA), mais especificamente na área que estuda os sistemas capazes de produzir inteligência. Do ponto de vista da ciência como um todo, sociedade artificial é apenas uma nova tecnologia que utiliza componentes de inteligência computacional, como qualquer outro sistema de IA.

Afirma Barone (2003) que a inteligência emana da complexidade de interações autônomas capazes de desenvolver um sistema sinérgico. Quando se programa um protótipo de sociedade artificial em uma máquina local, é necessário implementar mecanismos que gerem paralelismo e aleatoriedade. No conceito de autônomo, está implícita a necessidade de paralelismo. A teoria da complexidade de interações autônomas considera a aleatoriedade do sistema e sua capacidade de processamento paralelo como meio, e não como fim capaz de determinar ou criar inteligência.

Um modelo de sociedade que pode servir como ponto de referência é a própria sociedade humana. Entretanto, ressalta o autor que, historicamente, o ser humano vive no modelo de sociedade agrícola e industrial menos de 1% de sua existência; os outros 99% do seu tempo foram destinados à evolução de uma espécie que era basicamente fundamentada na coleta de alimentos, o que na prática constituiria um problema para coordenar uma sociedade nas dimensões em que ela se apresenta hoje em dia. Mais do que isso, a complexidade da sociedade atual dificulta a identificação de relações de causa e efeito. Broom e Selznick (BARONE, 2003) esclarecem que a correlação entre organização social e ordem social encontra-se em questão de nível, em que a organização social apresentaria três níveis: o nível interpessoal (micro-ordem), o nível grupal (micro e macro-ordem) e o nível de ordem social (macro-ordem).

A ênfase que se tem dado à análise da composição de uma organização e à inter-relação de suas partes deu origem ao termo “sistema social”, definido por Parsons (BARONE, 2003) como “uma pluralidade de indivíduos que desenvolvem interações segundo normas e significados culturais compartilhados”, ou um sistema social composto por uma pluralidade de atores individuais, que desenvolvem interação em uma situação que tem pelo menos um

aspecto físico ou ambiental. Revelando a pertinência e aderência destas afirmações ao trabalho proposto, Barone (2003) classifica um sistema social na seguinte estrutura:

- a) subgrupos de vários tipos e relacionados;
- b) funções de vários tipos, dentro de um sistema maior de subgrupos. Cada sistema de função está também ligado a outros, através de normas relacionais;
- c) normas reguladoras, que governam os subgrupos e as funções; e
- d) valores culturais.

O modelo proposto reúne estas características, mostrando que, de fato, conceitualmente, está se falando de uma sociedade artificial. No projeto de uma sociedade artificial está implícito o princípio auto-regulador. Mesmo que uma das partes seja defeituosa, as demais buscam o equilíbrio; isto torna um sistema social artificial tolerante a falhas. Além do que, um sistema social possui uma arquitetura de sistema distribuído, é cooperativo, auto-sustentável e autônomo.

Esquemáticamente, Barone (2003) resume o conceito de Sociedade Artificial como sendo um conjunto de agentes que interagem em um determinado ambiente, compartilhando recursos finitos segundo regras:



Figura 1 – Arquitetura esquemática de uma sociedade artificial

Fonte: Barone (2003)

Finalmente, Barone (2003) conceitua o termo de *agentes sociais* para nomear aqueles agentes que simulam o comportamento à semelhança do humano, sobre os quais é possível a aplicação de regras sociais (as leis), com a finalidade de se observar o comportamento coletivo e o provável resultado decorrente da ação dos agentes, se formando, assim, um ambiente de simulação social que pode ser utilizado como ferramenta de aprendizado na criação de regras sociais, e que propõe prever o comportamento social humano. Nesta situação, o sistema adquire uma função pedagógica. O papel do usuário (observador) é o de ensinar o agente de uma sociedade artificial a interagir em um meio social. Esse mecanismo funciona então como uma ferramenta de construção do conhecimento do usuário, que deverá saber para poder ensinar.

O conhecimento construído através dessa interação refere-se às próprias regras de interação social do indivíduo, fazendo com que o sistema passe a ser uma ferramenta de aprendizagem lógica da interação social apoiada por computador. Estas duas possibilidades descrevem um dos papéis mais importantes das sociedades artificiais, que é a simulação de ambientes simples ou complexos. Através da observação da simulação evolutiva de um sistema, podemos determinar o quanto ele se aproxima da realidade, podendo o ambiente artificial servir então como ferramenta de apoio à tomada de decisão.

Na mesma linha, Axtell e Epstein (1996) produziram trabalho sobre sociedades artificiais. Simon (AXTELL e EPSTEIN, 1996) afirmava que as ciências sociais são de fato as ciências duras (*hard*), pois envolvem invariavelmente processos complexos. Segundo sua avaliação, não existe forma de se decompor facilmente fenômenos sociais em sub-processos, sejam eles econômicos, demográficos, culturais, espaciais, que, analisados separadamente e depois reunidos, possam fornecer uma análise adequada do sistema como um todo. A experimentação tradicional é extremamente complicada pela impossibilidade de se controlar todas as variáveis e, especialmente, é difícil estabelecer relações de causa-efeito entre o nível micro e o nível macro de forma simples e intuitiva, utilizando-se de métodos tradicionais matemáticos de simulação. Vale lembrar a menção que os autores fazem dos estudos pioneiros de Schelling (1978) sobre segregação, cujos avanços foram limitados pela pouca capacidade computacional existente à época.

Além de definir vários dos conceitos já elaborados anteriormente por Barone (2003), Axtell e Epstein (1996) mencionam que os seres humanos podem se conectar de várias formas: genealogicamente, culturalmente ou economicamente, por exemplo. No entanto, a complexidade surge quando a interação caótica das inter-relações humanas se estabelece, pois cada uma pode pertencer a diferentes comunidades, redes sociais, grupos, tribos, simultaneamente, bem como estas redes de relacionamento podem mudar instantaneamente. Através de regras extremamente simples de comportamento para os agentes, os autores mostram como o fenômeno da emergência se manifesta, revelando comportamentos inusitados e inesperados em nível macroscópico, como por exemplo, do já clássico modelo *Sugarscape*. Os autores, por fim, concluem, na mesma linha de Barone (2003), que uma grande quantidade de importantes fenômenos, sociais ou coletivos, pode emergir da interação espaço-temporal de agentes autônomos, operando em ambiente segundo regras de comportamento bastante simples.

2.4 FUNDAMENTOS DOS SISTEMAS MULTIAGENTES

Os conceitos sobre sociedade artificial proporcionados por Barone (2003) remetem diretamente para a definição de sistemas multiagentes, que ele mesmo define: sociedades artificiais são, intrinsecamente, sistemas multiagentes. Sua metodologia de estudo sugere a decomposição de um problema complexo em partes que possam ser tratadas por agentes. Ou seja, a exemplo dos sistemas multiagentes, pode-se classificar as sociedades artificiais como programação e processamento baseado em sistemas multiagentes.

Para conceituar sistemas multiagentes, Barone (2003) prossegue definindo suas principais características. A palavra “agente” se refere a todo ente que possui a habilidade, capacidade e permissão para atuar em nome de outro. Esta definição vem a propósito do presente estudo, pois remete à noção de que, nas palavras de Barone (2003), o agente atua por “procuração”, terminologia bem alinhada com os propósitos jurídicos do modelo a ser construído. As definições de “agente” não são conclusivas, havendo várias interpretações, segundo o autor: para Wooldridge (BARONE, 2003), agentes são sistemas que apresentam um comportamento determinado por um processo de raciocínio baseado na representação de suas atitudes, tais com crenças, comprometerimentos e desejos, e devem necessariamente possuir as seguintes propriedades: autonomia, habilidade social, reatividade, pró-atividade.

De acordo com Pattie Maes (BARONE, 2003), agentes são sistemas computacionais que habitam algum ambiente dinâmico e imprevisível, captando seu estado e atuando autonomamente, executando uma série de objetivos ou tarefas para os quais foram implementados.

Conforme Nwana (BARONE, 2003), agente é um componente de software ou hardware capaz de atuar para poder executar uma tarefa em nome do usuário.

Segundo Russel e Norvig (BARONE, 2003), a inteligência está altamente ligada a ações racionais. Agir racionalmente significa agir de forma a alcançar as metas definidas por alguém, dadas as crenças desse alguém. Neste sentido, definem genericamente um agente como algo que percebe seu ambiente por meio de sensores e atua contra esse ambiente por meio de atuadores.

Conforme Franklin e Graesser (BARONE, 2003), agente autônomo é um sistema situado em um meio ambiente do qual ele faz parte e percebe, agindo sobre o mesmo continuamente, num período de tempo, buscando suas ações em sua própria agenda, podendo

essas ações afetar as percepções futuras. Sinteticamente, portanto, o agente deve possuir as seguintes propriedades:

- a) autonomia: os agentes podem operar sem a intervenção de humanos ou outros agentes;
- b) sociabilidade: os agentes são capazes de perceber estímulos do seu entorno e reagir a ditos estímulos;
- c) proatividade, iniciativa: os agentes estão continuamente ativos (podem ser *processos/threads* executando em *background* ou *foreground*). A maioria dos programas existentes, ao contrário dos agentes, executa uma ou mais tarefas e termina a sua execução;
- d) orientação por objetivos: um agente é capaz de resolver tarefas complexas, pois as decompõe em sub-tarefas menos complexas, decidindo a ordem em que tentará resolvê-las e como irá subdividi-las para atingir seus objetivos;
- e) mobilidade: capacidade de um agente de locomover-se através de uma rede de computadores;
- f) veracidade: assunção de que um agente não comunica informação falsa de propósito;
- g) benevolência: assunção de que o agente está disposto a ajudar outros agentes, se isso não entrar em conflito com seus próprios objetivos;
- h) racionalidade: assunção de que o agente atua de forma racional, tentando cumprir seus objetivos, se viável;
- i) adaptabilidade: o agente deverá adaptar-se aos hábitos, métodos de trabalho e preferências do utilizador. Um agente com capacidade de adaptação é capaz de alterar seu comportamento com base na experiência (aprendizagem).

Com essas características e com a crescente capacidade de processamento dos sistemas computacionais, os sistemas multiagentes se revelam particularmente adequados para o estudo das interações sociais, em face de sua peculiaridade interdisciplinar, pois conseguem reunir, em ambiente de interação comum, diversas regras que podem se originar de fontes inteiramente diversas, sem nenhuma relação umas com as outras e, conforme será visto a partir do Capítulo 4 deste trabalho, o modelo proposto concebe os agentes que interagem no sistema com praticamente todas as propriedades acima elencadas.

Barone (2003) fornece também a classificação dos agentes segundo a sua capacidade de cognição em relação às interações dinâmicas entre agentes e entre agentes e o ambiente:

Agentes Deliberativos: Contém um modelo de mundo, incluindo eles mesmos. O estado do ambiente é alterado pelo agente em resposta às novas informações sobre o ambiente, percebidas pelos sensores dos agentes. Com base na interpretação desse modelo, o agente estima quais ações serão necessárias para atingir o objetivo proposto, executando então as ações que levarão à sua realização.

Agentes reativos (ou reflexivos): não modelam o mundo para determinar suas ações. São geralmente agentes simples, que possuem um mapeamento de situações e respostas associadas. Dessa forma, quando um estado ambiental é alterado, o agente executa a ação correspondente para satisfazer o novo estado. Este processo é conhecido como estímulo-resposta.

Agentes híbridos: se mostram como uma alternativa para dotar o agente com capacidade de ação adequada por parte de um agente puramente deliberativo, no momento que o mesmo deve tomar uma decisão rápida e espontânea ao enfrentar uma situação imprevista. Em contrapartida, servem também para proporcionar a um agente puramente reativo, capacidade de raciocínio e planejamento, quando o mesmo se depara com uma situação na qual o ambiente diverge bastante dos seus objetivos iniciais. (BARONE, 2003, p.235).

A plataforma *NetLogo 3.1.4* usada no simulador utiliza agentes puramente reativos, não suportando a estrutura BDI (STREIT, 2006).

3 REVISÃO DA LITERATURA

O foco do estudo é a análise do fenômeno da criminalidade a partir de simulação computacional utilizando modelos baseados em agentes. Nesta linha, procurou-se por trabalhos que conjugassem os referenciais teóricos e modelos baseados em agentes, utilizados para estudar fenômenos de criminalidade. O que se percebe, de modo geral, é que a literatura em ambos os temas tomados separadamente é vasta, especialmente em relação à análise econômica da lei, uma vez que suas bases há muito estão consolidadas nos meios acadêmicos. Trabalhos com modelos baseados em agentes, por sua vez, encontram-se substancialmente mais desenvolvidos fora do Brasil.

Os temas têm sido objeto de constante atualização. Relativamente à conjugação de sistemas multiagentes para simular fenômenos ou teorias relacionadas ao cometimento do crime, em breves pesquisas em bases de dados científicas, foi localizado, especificamente com esse tema, apenas um trabalho, bastante recente de Groff (2007), onde modelos baseados em agentes foram utilizados para testar a *Routine Activity Theory* de Cohen e Felson (1979). A revisão de literatura procura, então, aproximar ao trabalho realizado os estudos consolidados sobre o assunto em todas as suas vertentes.

A modelagem baseada em agentes é relativamente recente dentro do campo de pesquisas em Administração. Isto se deve principalmente à necessidade de recursos computacionais compatíveis com a complexidade do sistema estudado, uma vez que a disciplina tem estreita relação com ambientes baseados em inteligência artificial. Assim, a revisão de literatura do presente estudo contempla autores que trabalharam os fundamentos teóricos do modelo, desde o seu aspecto conceitual chegando ao nível técnico.

Ainda, trará menção àqueles estudos que, do ponto de vista da pesquisa realizada, se revelaram mais adequados para a consecução dos objetivos, ainda que outras opções igualmente interessantes pudessem ser cotejadas. Sendo este um trabalho cujo foco é em Administração, embora se servindo topicamente de termos jurídicos, procurou-se sempre dar ênfase aos aspectos que façam uma ponte entre estes conhecimentos, pois o interesse não é o estudo teórico de qualquer aspecto da lei penal e sim sua aplicação prática, sua eficiência, sua eficácia, usando como meio para este intento os fundamentos proporcionados pela análise econômica da lei, modelos baseados em agentes e teorias do crime.

3.1 ESTUDOS SOBRE ANÁLISE ECONÔMICA DA LEI

O estudo sobre a análise econômica da lei é extenso, possuindo grande variedade de trabalhos. Diversos autores continuam contribuindo para o tema. Garoupa (1998) trabalhou sobre o postulado de Becker (1968), considerando uma especificação geral da *função-criminoso*, por ele assim denominada. Através de estudos matemáticos entre a teoria geral da utilidade não-esperada e a tradicional teoria da utilidade esperada, o autor afirma que surgem diferenças no cálculo da probabilidade. Garoupa afirma que o argumento de Becker (1968), isto é, a sua formulação, não se sustenta quando especificações alternativas de comportamento sob incerteza são consideradas, observando que, quando o indivíduo é avesso ao risco, um valor menor do que o ótimo para a multa (*fine*) cominada pode se tornar ótimo, porque o indivíduo dá mais valor à multa esperada e ao prêmio de risco assumido.

Garoupa (2007) também relaciona organizações criminosas com a utilização ótima das forças da lei acentuando, na linha de Becker (1968), que punições severas diminuem as dimensões de redes criminosas, podendo, no entanto, aumentar em muito a eficiência dos membros dessas organizações. Neste sentido, considerando o universo corporativo, o autor comenta que penas menos severas podem atingir níveis ótimos de repressão, ao contrário do

que se poderia esperar: que a maior severidade das penas resultaria em melhor combate ao crime.

Outro estudo na linha jurídico-econômica realizado por Palermo *et al* (1998), também nos Estados Unidos, avalia o instituto do *plea bargain*, inexistente no contexto brasileiro. Os autores discutem sob o aspecto da racionalidade e do pragmatismo a eficácia e eficiência da aplicação de penas e multas aos indiciados, em substituição ao julgamento e, portanto, de condenação, além das conseqüências para o sistema criminal, e concluem que tal instituto é consagrado nas cortes americanas, inserido na cultura dos operadores do direito daquele país. A teoria de Shavell e Polinsky (2000) permite a adaptação deste instituto para apurar a eficiência da execução da lei penal.

Ainda na linha dos efeitos econômicos da criminalidade, Gordon *et al* (2007) realizam estudo sustentando tese bastante controversa, afirmando que, sendo a criminalidade um fenômeno inevitável, geradora de custos bem como criadora de recursos – daí o nome “indústria do crime” –, um certo nível de ocorrência de crimes seria aceitável em face do elevado custo de combatê-los. Uma conseqüência desta eventual política seria a perda de controle por completo das ocorrências. Os autores investigam níveis ótimos para investimentos para aplicação da lei para manter taxas aceitáveis de criminalidade, utilizando-se para isso dos modelos de probabilidade de punição, em conjunto com crescimento de economia, desigualdade e distribuição de riqueza.

Shavell e Polinsky (1998), por sua vez, realizaram alentado trabalho de especial interesse para os estudiosos, especialmente por abordarem um tema que não é utilizado nas cortes brasileiras, mas intensamente empregado no sistema jurídico norte-americano: *Punitive Damages*. Este instituto utilizado nas cortes americanas tem primariamente o objetivo de prevenir novas condutas semelhantes, bem ao gosto da Escola Racional de Bentham (SHAVELL, 2004). Segundo os autores, o uso indiscriminado destas punições, especialmente contra corporações, acaba se tornando ineficiente, porquanto a clara distinção entre pessoa jurídica e pessoa física desvirtua o instituto para punir os acionistas e não necessariamente os responsáveis pelo dano (ou crime) que causou a condenação. Por outro lado, os autores se mostram favoráveis à sua aplicação a pessoas, face ao seu caráter personalíssimo e intransferível, sendo assim eficiente em inibir novas condutas prejudiciais.

Ainda que os argumentos dos autores sejam respeitáveis, existe séria controvérsia acerca de suas conclusões, pois o custo do dano que uma corporação pode causar ao conjunto

da sociedade pode exceder em milhares de vezes qualquer dano causado ao patrimônio dos acionistas, no caso, por exemplo, de um derramamento de óleo na costa de um País.

Geller (2007), em estudo recente, faz levantamento crítico das conclusões que Wilson e Kelling colocaram em seu artigo seminal *Broken Windows Theory*, que relacionava diretamente o grau de desordem com a criminalidade. Fazendo um estudo com dados entre 1990 e 2000, a autora revela que, em que pese desordem e criminalidade estarem associadas, não foi constatada relação *causal* entre elas, conforme os autores citados afirmaram.

Eide (1999), por sua vez, confirmou as hipóteses de Becker (1968) de que a criminalidade efetivamente tem correlação especialmente quanto à possibilidade de punição e menos em relação à severidade da pena. Seus estudos também encontraram alguma correlação entre crime e desemprego.

Ehrlich (1972) já relata a importância que os americanos davam ao combate à criminalidade, também encontrando evidências de correlação entre a probabilidade de punição e severidade da pena e o seu efeito de diminuição na criminalidade. O autor comenta o intenso debate à época que questionava a visão racional do comportamento do potencial criminoso, despido de características criminológicas específicas, vigente em função da visão sociológica do crime, de caráter subjetivo.

Em outro artigo, Ehrlich e Posner (1974) debatem em que medida a precisão do texto legal ao nomear as condutas contribui para o efetivo cumprimento da lei, concluindo que a precisão ou a generalização da lei são essencialmente determinadas por uma minimização de custos agregados à sua aplicação.

Posner (1979), por sua vez, traça um paralelo sobre a discussão entre utilitarismo e economia, questionando se efetivamente são a mesma coisa, na esteira da linha inaugurada por Becker (1968). O autor afirma que não, enfatizando que a economia trata de maximização de riqueza, um conceito diferente de maximização de utilidade.

Kaplow (1995), retomando a linha estabelecida por Ehrlich e Posner (1974), procura estabelecer relação entre a complexidade da norma legal e o seu cumprimento, afirmando que existe uma relação ótima a ser respeitada. A razão para tanto se encontra numa questão de ordem prática, muitas vezes ignorada pelos criadores das leis: a complexidade aumenta a dificuldade de cumprimento da norma, levando os agentes a preferir simplesmente ignorá-la a cumpri-la. Por um lado, a maior precisão da lei, através de uma maior complexidade, cuida melhor do comportamento dos agentes. Ainda assim, a conclusão do autor vai de encontro à

maximização da utilidade esperada, pois os agentes apenas investem uma soma maior no entendimento de uma determinada norma, digamos mais complexa, apenas se o benefício advindo do novo comportamento derivado do cumprimento da lei exceder o custo de obtenção da informação (leiam-se advogados, contadores, consultores, etc.).

Cabe ainda referir texto de Posner (1993), em que o autor relaciona a contribuição de Becker (1968) não só para a teoria econômica, mas especialmente para o estudo da lei. Posner (1993) afirma que a contribuição de Becker (1968) deu sustentação formal à já considerável literatura existente sobre prevenção de criminalidade (*deterrence*), já então realizada por Ehrlich (1972) e outros. As conclusões desta escola de criminologia, que modificaram a visão sociológica do crime anteriormente vigente, foram responsáveis, entre outras conseqüências, por mudanças nos procedimentos criminais nas cortes americanas, especialmente em relação aos crimes de colarinho branco (*white collar criminals*), alterando a orientação da comissão federal de diretrizes para sentenciamento¹ dos Estados Unidos, recomendando que, especificamente nestes crimes, a condenação dos criminosos deveria enfatizar a multa monetária, em detrimento do aprisionamento. Esta orientação está em sintonia com a visão norte-americana de aplicar sempre que necessário *punitive damages*, particularmente em crimes onde corporações de grande porte estão envolvidas, de modo a infligir uma punição pesada (invariavelmente levando em alguns casos à falência) como forma de coibir condutas semelhantes. O referido instituto é amplamente refutado na justiça brasileira sob a alegação de que este tipo de condenação leva ao “enriquecimento injustificado” do ofendido (STJ, 2008).

3.2 ESTUDOS SOBRE AVERSÃO AO RISCO

Já bastante estabelecida no meio científico é a noção dos diferentes comportamentos que as pessoas têm em relação ao risco (FRENCH, 1986). O risco é uma situação de incerteza que pode ser associada a um evento potencialmente prejudicial à pessoa que o está enfrentando. Algumas pessoas são avessas ao risco, pagando altos prêmios de seguro para se precaver destas possibilidades que, apesar de serem eventualmente desastrosas, possuem chance ínfima de ocorrência. Por outro lado, os tomadores de risco, tolerantes à incerteza, raramente fazem seguro, independentemente de ter o evento incerto e potencialmente desastroso ter grande possibilidade de vir a ocorrer. Ainda, as atitudes em relação ao risco

¹ Federal Sentencing Guidelines Commission, in Posner (1993).

variam conforme as circunstâncias. Pessoas mais afluentes, com renda mais elevada, tendem em geral a aceitar risco mais elevado, pela singela razão de que o prejuízo, ainda que ocorra, pouco modificará sua situação.

Conforme French (1986), a percepção da maior ou menor aversão ao risco será sempre monetária, sendo que a consequência deste comportamento será sentida na estimativa de ganho esperado pelo agente quando este estiver diante da possibilidade de cometer o delito. O ganho esperado sofrerá distorção em face de o agente ser mais ou menos reativo em relação ao risco assumido. Em outras palavras, na hipótese de o agente ser tolerante ao risco, como, por exemplo, no caso de determinados agentes já habituados ao crime (uma vez que já experimentaram muitas situações semelhantes), um ganho relativamente pequeno, em termos monetários, comparado à potencial punição e condenação parecerá maior, porquanto o potencial criminoso tenderá a assumir maiores riscos para o cometimento do crime, atribuindo ao objetivo valor maior do que o real, pois verificará que valerá a pena correr risco neste caso específico. Matematicamente, o ganho esperado para um agente tolerante ao risco será maior que o ganho *standard*, que seria atribuído no caso de o agente ser neutro ao risco.

Alternativamente, um agente avesso ao risco atribuiria ao objeto do delito um valor muito menor que o real, por não estaria disposto a correr o risco da punição por menor que esta seja. Em ambos os casos, a função utilidade esperada de aversão ao risco deve ser obtida empiricamente de acordo com a amostra estudada, relativamente ao delito objeto de estudo.

Kahneman e Tversky (1979) propuseram uma alternativa psicologicamente mais aceitável (*Prospect theory*) do que a teoria da utilidade esperada (*expected utility theory*). Neste trabalho, os autores constataam que os agentes reagem de forma distinta dependendo da forma como o problema é apresentado. Partindo de dados empíricos, os autores notaram que a percepção de perda (*loss aversion*) do agente condiciona a sua decisão. Quando se trata de finanças na hora de correr um risco ou de evitá-lo, a decisão do agente não é guiada apenas pela consideração das chances efetivas de sucesso ou fracasso, mas por outros fatores menos "racionais" (em particular, o medo de perder torna-se determinantes). Quando se trata de ganhar, a aversão ao risco é muito maior do que quando se trata de perder. Em outras palavras, não é para ganhar, mas para não perder que o agente está disposto a mais sacrifícios. Para não perder, o agente se mostra até pronto a correr o risco de perder mais ainda.

A descoberta de Kahneman e Tversky (1979) tem implicações além do âmbito estreitamente econômico: na hora de arriscar, o que fala mais alto é o medo de perder. À época do estudo, Kahneman e Tversky (1979) sabiam que a teoria de utilidade esperada

dominava a análise de decisão sob condições de risco e era aceita como um modelo normativo de escolha racional, amplamente aplicado como um modelo descritivo do comportamento econômico. No entanto, seu trabalho mostrou evidências de que, em uma série de escolhas proporcionada a sujeitos de uma pesquisa, a teoria da utilidade esperada era constantemente violada, dependendo da abordagem (*framing*) dada ao problema em questão.

Segundo a *Prospect Theory*, de Kahneman e Tversky (1979), o indivíduo é avesso ao risco para ganhos, mas é propenso ao risco para perdas. Uma pessoa avessa ao risco é aquela que prefere a certeza de um ganho x a qualquer perspectiva de risco cujo ganho esperado seja x . Para a perspectiva de perdas, as pessoas preferem até correr o risco de perder uma quantia maior que x , se tiverem ainda a possibilidade de não perder nada, ao invés da certeza de perder. Assim, ao se considerar questões como *perda, valor, risco e aversão* insere-se elementos que contestam o comportamento dos agentes como puramente racionais característicos da teoria da utilidade esperada.

3.3 ESTUDOS COM MODELOS BASEADOS EM AGENTES

O estudo de sistemas multiagentes adquiriu impulso na década de 90, com os trabalhos de Wooldridge (2002), Rao e Georgeff (1995) e Bratman (1999) entre outros. Michael Wooldridge (2002) já pode ser considerado um autor clássico no tema, tendo publicado extensamente sobre sistemas multiagentes e suas aplicações, destacando algumas capacidades que devem estar presentes em agentes inteligentes para que se possa, assim, determinar *o que é inteligência* no contexto multiagente:

- a) *reatividade*: agentes inteligentes são capazes de perceber seu meio ambiente e responder em um tempo razoável às mudanças que ocorrem, de modo que possam atender seus objetivos pré-determinados;
- b) *proatividade*: agentes inteligentes são capazes de exibir comportamento direcionado a um objetivo pelo fato de poderem tomar iniciativa e assim satisfazer suas metas (ou objetivos);
- c) *habilidade social*: agentes inteligentes são capazes de interagir com outros agentes (possivelmente humanos) e assim satisfazer seus objetivos. Esta característica, possivelmente, é aquela que mais diferencia este modelo de outros

para fins de estudo fenomenológico. Isto se deve ao fato de que a convivência social provoca o surgimento de comportamentos que não são, em geral, observáveis individualmente nos agentes. Ainda, o autor destaca a diferença entre sistemas especialistas (*expert systems*) e sistemas baseados em agentes.

Sistemas especialistas foram a mais importante tecnologia de inteligência artificial dos anos 80, segundo Hayes-Roth *et al* (1983), citado por Wooldridge (2002). Um sistema especialista é aquele capaz de resolver um determinado problema ou de dar conselhos (*advices*) em um domínio rico em conhecimento (JACKSON, 1986 *apud* WOOLDRIDGE, 2002).

No entanto, como Wooldridge (2002) revela, a principal diferença entre estes sistemas e aqueles baseados em agentes é que os primeiros, inerentemente, não interagem diretamente com qualquer ambiente (*disembodied*). De fato, estes sistemas obtêm sua informação através de um meio humano, ao invés de sensores que detectem o ambiente e suas variações. Ainda, eles não agem sobre qualquer ambiente, mas apenas dão um retorno ou conselho a uma terceira pessoa.

A modelagem baseada em agentes tem em Michael Bratman (1999) a sua referência filosófica, o substrato necessário para a conformação do perfil cognitivo daquilo que é entendido como estado mental do agente. Bratman (1999) desdobrou o *modus operandi* do agente na arquitetura BDI (*belief-desire-intention*). As arquiteturas baseadas em estados mentais fazem parte da arquitetura de agentes deliberativos. Os estados mentais humanos possuem um vínculo com o mundo através do qual estabelecem sua existência e significância. A característica pela qual os estados mentais humanos referem-se a objetos ou situações do mundo é chamada de intencionalidade.

Crença, desejo, expectativa, capacidade e intenção são exemplos de estados intencionais. Na literatura são encontradas várias denominações associadas a estes estados mentais. A crença contém a visão fundamental do agente com relação ao seu ambiente, e ele as usa para expressar suas expectativas sobre possíveis estados futuros. As crenças de um agente podem ser vistas como o provável estado do ambiente, isto é, como um componente informativo do estado do sistema. Um agente pode ter crenças sobre o mundo, sobre outros agentes, sobre interações com outros agentes e crenças sobre suas próprias crenças. As crenças podem ser até contraditórias.

Diferentes dos estados prováveis representados pelas crenças, os desejos representam estados desejáveis que o sistema poderia apresentar. Para um desejo deixar de ser “desejável” e tornar-se algo mais real, falta o conhecimento inerente a ele e o contexto favorável à sua realização. Os desejos motivam o agente a agir de forma a realizar metas, tais ações são realizadas através das intenções causadas pelos desejos.

As intenções dos agentes são um subconjunto dos desejos. Se um agente decide seguir uma meta específica, então esta meta torna-se uma intenção. Zamberlam e Giraffa (2001) também indicam que a base para a definição do conceito de intenção está fortemente associada aos trabalhos de Bratman (1999). Bratman claramente distingue o conceito de fazer as coisas intencionalmente, na forma de uma ação, e possuir intenção de fazê-las, tendo como base um estado mental. As intenções determinam o processo de raciocínio prático, pois a propriedade mais óbvia das intenções é que elas determinam as ações a serem realizadas. Uma vez adotada uma intenção, haverá um direcionamento no raciocínio prático futuro, ou seja, enquanto se tem uma intenção particular, haverá consideração por ações que são consistentes para a realização desta intenção. Por exemplo, se uma pessoa tem a intenção de tornar-se um atleta, ela terá que excluir opções que dificultem a realização desta intenção como a ingestão de bebidas alcoólicas regularmente. A escolha dessas opções deverá ser feita cuidadosamente para não surgirem sub-intenções que sejam inconsistentes.

Rao e Georgeff (1995) adotaram a arquitetura BDI que foi formalizada por Bratman (1999) e desenvolveram uma teoria lógico-formal de um modelo de agentes de software baseado na noção de crenças, objetivos e planos. Os conceitos centrais do modelo de agente BDI foram adaptados por Rao e Georgeff (1995) para um modelo mais formal, adequado para o desenvolvimento de sistemas multiagentes. A arquitetura BDI tem sido reconhecida como a mais interessante e difundida arquitetura de agentes para o desenvolvimento de sistemas baseados em agentes. Na arquitetura BDI, conforme Rao e Georgeff (1995), o sistema é percebido como um agente racional que possui atitudes mentais de crenças, desejos e intenções (BDI). Os autores entendem a necessidade dessas três atitudes para os sistemas, de forma que eles atuem apropriadamente em aplicações que possuam vários requisitos e limites práticos.

Rao e Georgeff (1995), ainda, propõem componentes informacionais distintos que possam representar as atitudes mentais de crenças, desejos e intenções em um sistema. A arquitetura BDI tem sido a mais intensivamente utilizada para a modelagem dos agentes por contemplar comportamentos que se aproximam da complexidade do comportamento do ser

humano. De fato, os autores anteciparam a formalização de Bratman (1999) para uma lógica computacional complexa que pudesse reproduzir as atitudes humanas dentro do esquema BDI.

Axelrod (1984, 1997, 2005) e Axelrod e Hammond (2006), por sua vez, destacam-se pelas pesquisas sobre cooperação, etnocentrismo e o uso intenso de modelos baseados em agentes para estudar estes fenômenos. Entre os principais elementos adotados para desvendar a cooperação entre agentes, pode-se ressaltar os seguintes: teoria dos jogos (comportamento estratégico e interação), egoísmo e competição, autoridade central, racionalidade dos agentes, *prisoner's dilemma*, reciprocidade, propriedades das decisões e noção de evolução (AXELROD, 1984). O trabalho de Axelrod, ainda, debate a questão do egoísmo individual, da competição e do papel do Estado (*autoridade central*) como balizador do comportamento dos agentes. Axelrod (1984) desenvolve uma teoria da evolução da cooperação fundamentada na análise do clássico jogo *dilema dos prisioneiros*, buscando evidenciar a cooperação e sua aplicação. A questão fundamental proposta por Axelrod e desenvolvida através do jogo é responder ao seguinte paradoxo: como pode haver cooperação num mundo de incentivo ao comportamento egoísta em que não haja comando central?

Segundo Axelrod (1984), a resposta a esta questão é fundamental para direcionar ações que envolvam aspectos políticos e econômicos. Em relação ao uso de modelos baseados em agentes, Axelrod (2005) é enfático ao enumerar as vantagens de seu uso. A modelagem baseada em agentes permite enfrentar de forma computacional diversos cenários sociais, através de meios de inteligência artificial, como, por exemplo, tornar um agente egoísta em agente cooperativo através de simulações computacionais (“dilema do prisioneiro”).

O uso de métodos aplicáveis em vários contextos permite a interdisciplinaridade dos estudos. Os modelos baseados em agentes mostram-se interessantes para estudar estes fenômenos, especialmente quando determinados comportamentos são derivados essencialmente da convivência social. Ao determinar o modelo cognitivo do agente, ou seja, o modo como ele captura a realidade e reage a ela, é necessário contemplar estas duas dimensões de comportamento: aquela derivada dos elementos internos de cognição do agente e a dimensão externa de cognição do agente, isto é, aqueles elementos de cognição que surgem no momento de interação dos agentes entre si em um determinado ambiente. Esta interação entre agentes produz fenômenos já identificados por Axelrod (1984) e Axelrod e Hammond (2006), quando estudaram cooperação e etnocentrismo, confirmando os estudos de Schelling (1978) sobre o fenômeno da segregação, ainda que este não tenha desenvolvido seus trabalhos em modelagem baseada em agentes.

Schelling (1978) foi, sem dúvida, um dos pioneiros em identificar que o comportamento de agentes pode mudar dramaticamente em função das circunstâncias a que estão submetidos. Seu trabalho seminal neste sentido está contido em sua obra *Micromotives and Macrobehavior*, publicada em 1978. Nesta obra, o autor enfatiza a necessidade de se começar o estudo através de regras de comportamento para indivíduos singulares e, por meio de simulação, descobrir fenômenos e implicações em larga escala, presumivelmente através do comportamento coletivo dos agentes.

Através de seus estudos, o autor demonstrou que mesmo pessoas com características extremamente tolerantes podem revelar comportamento altamente segregacionista em circunstâncias determinadas. Schelling (1978) observou que a segregação ocorre por quaisquer motivos imagináveis, desde os mais intuitivos até os mais inesperados. Apenas para enumerar alguns, o autor menciona que pessoas (agentes) segregam por motivos de raça, sexo, idade, renda, vizinhança, língua, religião, gosto pessoal, localização, etc. Cada tipo de segregação atrai novos sub-tipos relacionados. Por exemplo, o domicílio traz como corolário segregação em transporte (deslocamento), no emprego, na localização do emprego, entre outros. Este comportamento, bastante pronunciado quando se manifesta em grupos segmentados, não é facilmente visível no comportamento individual do agente.

Axelrod e Hammond (2006), utilizando o mesmo princípio de agrupamento de agentes, porém usando uma perspectiva diferente, também acusaram resultados bastante próximos aos obtidos por Schelling (1978) no que tange ao comportamento coletivo dos agentes. A abordagem etnocêntrica enfatiza que pessoas tendem a favorecer aqueles que pertencem ao próprio grupo, mais do que estranhos ao grupo. Castelfranchi *et al* (1998) abordaram a questão dos agentes em relação ao conceito de racionalidade e ação racional com o objetivo de investigar como o conceito de racionalidade é tratado no seio das diversas especialidades acadêmicas, com particular interesse para o campo dos sistemas multiagentes.

Macal e North (2005) publicaram trabalho demonstrando o entusiasmo com a nova modalidade de pesquisa com modelos baseados em agentes, descrevendo detalhadamente as bases teóricas e práticas que as fundamentam, identificando métodos e ferramentas que auxiliam o pesquisador a estabelecer a relação entre esta e modalidades mais clássicas de simulação.

Jennings *et al* (1998) publicaram extenso trabalho sobre a metodologia e pesquisa baseada em agentes, descrevendo um panorama sobre as pesquisas e atividades sobre agentes autônomos e sistemas multiagentes, Seu objetivo foi identificar conceitos-chave e aplicações

e a relação entre estes. Algum contexto histórico também é relacionado no texto, assim como um espectro de questões em aberto e desafios futuros que se apresentam aos pesquisadores da área.

Por sua vez, Tesfatsion (2005) tem se utilizado extensamente de modelos baseados em agentes para o estudo de fenômenos econômicos (*ACE-Agent Based Computational Economics*). De acordo com Tesfatsion (2005) um sistema é definido como complexo quando exhibe duas propriedades típicas:

- a) o sistema é composto por unidades (agentes) que interagem entre si; e
- b) o sistema exhibe propriedades emergentes, ou seja, propriedades que surgem da interação dos agentes entre si e que não são encontradas singularmente nos agentes.

Para efeito do presente trabalho, é interessante incluir a definição de um *sistema complexo adaptativo*. Segundo Tesfatsion (2005), um sistema adaptativo complexo seria aquele que é composto de unidades reativas, isto é, de unidades capazes de exhibir sistematicamente diferentes atributos como reação a mudanças ocorridas nas condições ambientais.

O modelo *ACE* pode incluir entidades econômicas, bem como sociais, biológicas e físicas (famílias, colheitas, tempo). Cada agente tem encapsulado um conjunto de rotinas de software que inclui dados associados à rotinas de comportamento que atuam sobre estes dados. Uma característica interessante deste modelo de agentes é a política de publicização do comportamento dos agentes uns em relação aos outros. Alguns dados e metodologias podem ser disponibilizados e acessíveis a todos os agentes. Alguns dados, no entanto, podem estar inacessíveis a qualquer dos outros agentes. Outros dados, todavia, podem estar acessíveis apenas a um determinado grupo de agentes. A comunicação entre os agentes pode ser acessível através de meios públicos ou protegidos. O encapsulamento das rotinas e algoritmos nos agentes tem por objetivo atingir maior transparência e uma representação mais realística do mundo real, envolvendo múltiplas entidades distribuídas com um número limitado de informações e capacidades computacionais.

Streit (2006), por seu turno, realiza estudo sobre governança regulamentar do sistema financeiro brasileiro utilizando, para tanto, modelos baseados em agentes, programados através de lógica *fuzzy*. A motivação foi a pouca literatura empírica sobre o assunto aliada à extrema complexidade que apresenta. O autor modela os agentes através da arquitetura BDI,

concluindo que a utilização deste tipo de técnica de simulação se mostra bastante adequada ao estudo da governança regulamentar do sistema financeiro nacional, em face da aderência dos resultados de simulação com os resultados obtidos na prática.

3.4 MODELOS BASEADOS EM AGENTES E O CRIME

Sendo os estudos e aplicações dos modelos baseados em agentes um tema bastante recente, e se for considerado que os trabalhos teóricos mais antigos surgiram há pouco mais de dez anos, a aplicação da técnica para estudar fenômenos criminosos é mais recente ainda. Poucos trabalhos foram realizados no sentido de modelar o crime e, por conseguinte, a lei em um contexto de agentes, muito embora seja um campo bastante receptivo a esta abordagem, pois os conceitos de Barone (2003) sobre sistema social e suas particularidade se aplicam integralmente ao estudo do tema.

Neste sentido, Groff (2007) publicou trabalho relacionando exatamente as duas áreas, buscando estudar o fenômeno da criminalidade a partir de um modelo baseado em agentes. A autora selecionou uma área urbana de Seattle, Estado de Washington, nos Estados Unidos, implantando um modelo baseado em agentes dentro de um GIS (*Geographic Information System*), para testar a *Routine Activity Theory* de Cohen e Felson (1979). Muitas das discussões levantadas pela autora cabem neste estudo, em face da similaridade de referencial teórico.

Também dentro do contexto da criminologia, Winoto (2003) afirma que os crimes podem ser agrupados em duas grandes categorias: aqueles que têm motivação econômica e aqueles que não têm motivação econômica. Aqueles que possuem motivação econômica reportam-se diretamente ao ganho que o agente obtém ao praticar o delito, seguindo presumivelmente a *utilidade esperada*, sendo assim controlados por duas grandes dimensões: punição e ganho.

Na sociedade humana, o crime é considerado um fenômeno complexo. O modelo utilizado por Winoto (2003) é baseado no modelo econômico de “crime humano”, assumindo, portanto, que todo criminoso segue um comportamento racional. Este modelo se adapta facilmente em uma sociedade de agentes, especialmente se os agentes estão pré-programados a maximizar suas expectativas de ganho. Como demonstra o fundamento teórico do autor, a teoria econômica do crime norteia a modelagem dos agentes em termos da

utilidade esperada. O autor, seguindo no seu modelo, realiza uma simulação programada em *Microsoft Visual Basic 6*. Ressalte-se, para efeito de comentário, que o referido autor não utilizou uma linguagem voltada para ambientes multiagentes, como seria o caso do uso de *NetLogo*, *Swarm*, *AgentSpeak*, entre outras. Um dos objetivos do trabalho foi buscar políticas ótimas para lidar com o comportamento de agentes potencialmente criminosos.

A modelagem do crime, segundo Blumstein (2002), tem sua gênese nos anos 60, nos Estados Unidos, quando a Presidência da República nomeou uma força-tarefa para estudo da modelagem do crime. Um das contribuições do grupo de trabalho foi a modelagem do sistema de justiça criminal Americana. Segundo Blumstein (2002), uma carreira criminosa é caracterizada por uma seqüência longitudinal de crimes cometida pelo agente. Conforme os estudos realizados pelo autor e seus colegas, a “carreira” criminosa compõe-se de uma idade de iniciação, uma idade de término e uma freqüência de delitos sobre um conjunto determinado de tipos² criminosos. O entendimento destas características e como elas variam ao longo de sub-populações de criminosos e contraventores é de comprovada importância para a criminologia, pois permitem o estudo dos elementos que contribuem para o padrão individual de cometimento de crime. A compreensão de como evolui a carreira criminosa, em termos de política de aplicação da lei, reflete intensamente nos termos de sentenciamento, ou condenação de um potencial criminoso, que pode repercutir no tempo de cumprimento da pena, ou encarceramento do criminoso. Em face da complexidade dos critérios utilizados na maioria dos temas de justiça criminal, poucos trabalhos têm sido realizados com uma abordagem para otimização.

Um dos exemplos foi o trabalho realizado por Tragler *et al* (BLUMSTEIN, 2002) em uma série de artigos relacionados à exploração e à alocação de recursos com aumento de repressão para o controle do tráfico ilícito de drogas. Seu modelo examina a dinâmica do desenvolvimento de uma epidemia de drogas, desde sua fase de incubação até a sua fase madura. O autor, fazendo uma revisão dos estudos já realizados sobre o tema, menciona uma questão fundamental acerca da capacidade de previsão de cenários e de futuras condições, quando se propõe o estudo de modelos e simulações.

² Leia-se “tipo” no sentido terminológico jurídico-penal, ou seja, aquela conduta específica considerada pela lei como criminosa (nota do autor).

4 MODELO MULTIAGENTE

4.1 FASE 1 – MODELO CONCEITUAL – *CIDADÃO-ESTADO-OPORTUNIDADE-AMBIENTE*

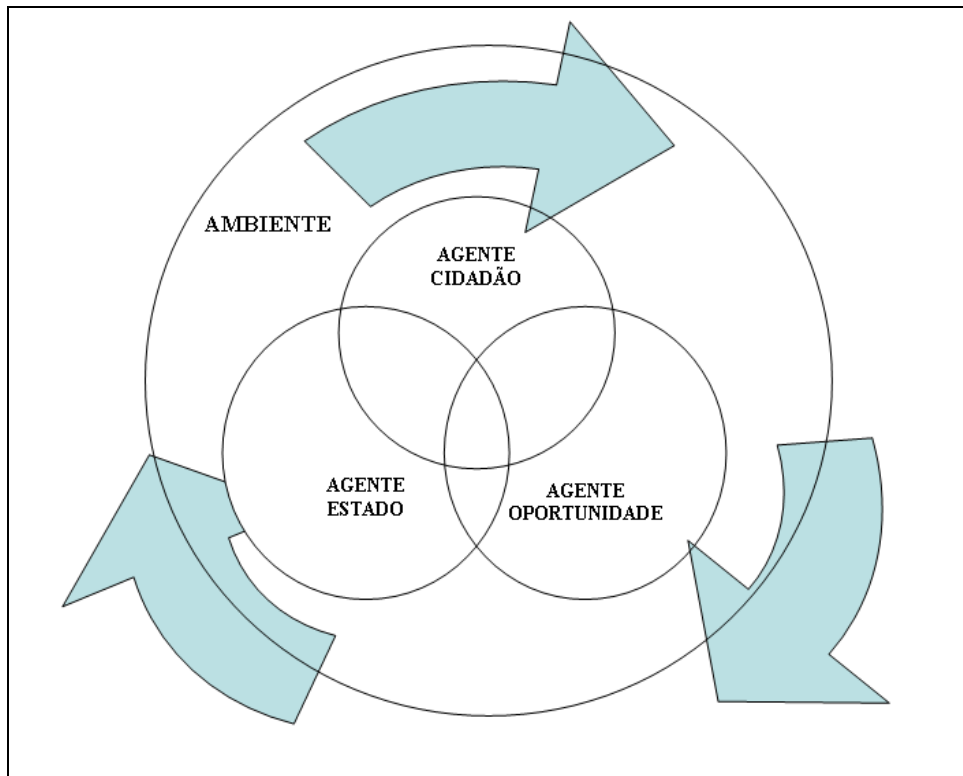


Figura 2 – O modelo conceitual

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após serem considerados os referenciais teóricos intervenientes no processo de cometimento do crime, bem como após o detalhamento da estrutura de análise do comportamento dos agentes e sua interação entre si e com o ambiente, é possível estabelecer o modelo conceitual de agentes do modelo.

O evento criminoso analisado a partir do referencial teórico já mencionado envolve obrigatoriamente três agentes intervenientes atuando em um ambiente, conforme ilustra a figura 2.

Na estrutura do modelo conceitual proposto seja qual for o crime cometido, sempre será cometido por um agente perfeitamente identificável, seja ele pessoa física singular ou não (empresa, organização, grupo, quadrilha, etc.). Trata-se do Agente-Cidadão.

Para que seja classificado como *crime*, outro agente deve combatê-lo em nome da sociedade. Trata-se do Agente-Estado.

O crime somente ocorre porque o Agente-Cidadão mostra interesse em algum objetivo ou alvo perfeitamente identificável. Trata-se do Agente-Oportunidade.

Por fim, qualquer crime, sempre ocorre em algum local ou região espacial perfeitamente identificável, o Ambiente.

A Figura 2 mostra a interação dos três agentes em um ambiente dinâmico de constante mudança, revelando especialmente que as interações envolvem sempre a todos simultaneamente. A estrutura esquemática do modelo foi concebida para enfatizar estas características, em constante alteração e adaptação.

Da mesma forma, para que seja possível representar a incidência da lei penal na sociedade é necessário traduzir esta realidade para a arquitetura de agentes, porquanto a base fundamental do comportamento criminoso dos agentes dentro dos parâmetros de uma sociedade artificial deriva do perfeito entendimento deste conceito.

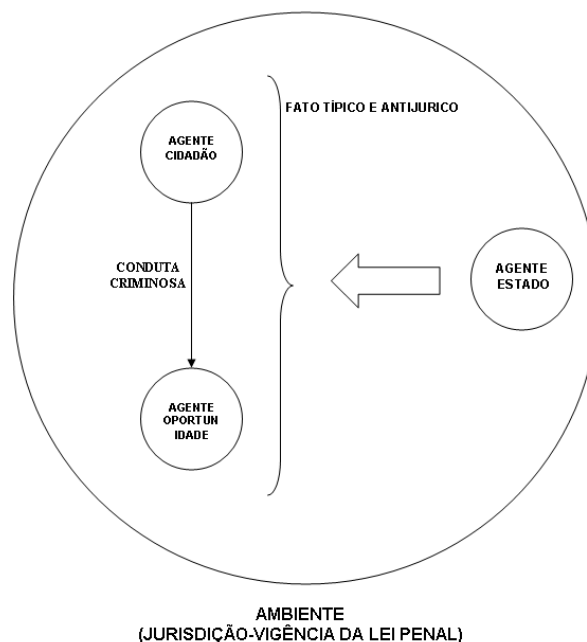


Figura 3 – O modelo conceitual da lei penal na arquitetura de agentes

Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura 3 traduz a incidência da lei penal conforme a terminologia da arquitetura de agentes. Destaque-se, neste aspecto, o conceito de fato típico e antijurídico, pedra fundamental do ordenamento jurídico-criminal e que define as condutas humanas que a lei

considera como penalmente puníveis. Assim, considerando as simplificações necessárias à construção do modelo a figura representa o tipo penal conhecido como norma penal incriminadora (JESUS, 1995). Não estão contidas no modelo as outras formas da norma penal, como por exemplo, as permissivas ou as explicativas. De fato, busca-se apenas representar na arquitetura de agentes a conduta que praticada e a sua conseqüência, ou seja, a pena.

4.1.1 Agente *Cidadão*

É o responsável pelo cometimento do crime. Seu comportamento é modelado de acordo com regras internas para tomada de decisão segundo as quais ele seleciona, em um determinado momento, se vai ou não cometer um crime. O “agente” não é um criminoso por si mesmo, isto é, este agente não é pré-concebido pelo modelo como tendo tendências ao crime. O que vai determinar se vai cometer ou não o delito é a regra (ou regras) de comportamento concebidas para ele.

O modelo para o cometimento do crime é dado pela Equação (1), do esquema formal de análise apresentado no item 2.2. O agente comete o crime após realizar um juízo de valorização sobre a maximização da utilidade esperada. Nesta equação, a cada instante, diante de cada circunstância particular, o agente toma uma decisão baseada na expectativa de ganho com o cometimento do crime comparada com a probabilidade de ser pego pelo agente policial, multiplicada por um fator de correção composto pela desutilidade em razão da pena de aprisionamento e do custo associado a uma pena de aprisionamento e monetária.

Segundo Becker (1968), esta análise é realizada instantaneamente pelo potencial infrator, levando em consideração as informações que ele dispõe naquele momento particular. Por este motivo, é lícito afirmar que o agente, em um determinado instante t , tem uma percepção da realidade que o leva a uma determinada convicção acerca das possibilidades de ser efetivamente pego.

O modelo permite que o potencial agente criminoso seja composto por mais de um elemento, configurando assim uma quadrilha, cujo comportamento deve ser modelado não mais para um agente singular, mas para um grupo de agentes, ou uma célula, composta por vários agentes, com padrão de comportamento bastante específico. Neste caso, a lei penal associada a estes delitos terá punições específicas para este caso, assim como todos os

parâmetros associados. Note-se que, da mesma forma que, para o crime cometido por apenas um agente singular, em que quando este é pego pela Justiça sofre uma punição que é explicitada por uma sentença judicial, outros crimes – como o de formação de quadrilha – quando processados pelo Estado, terão também uma sentença judicial com detalhamento pormenorizado de todos os parâmetros relativos ao delito, como, por exemplo, tempo de condenação, multa, quantidade de componentes, duração do processo, local do crime, concurso de criminosos, cumplicidade, etc. (ANEXO F). Estas informações servirão para parametrizar este delito.

4.1.2 Agente *Estado*

Responsável pela aplicação da lei, particularmente a lei penal, o Estado, conforme a moderna Teoria Jurídica detém o monopólio da administração da Justiça, e, portanto, da persecução penal. Significa afirmar que nenhum outro agente pode perseguir aquele que comete o crime, a não ser o agente especificamente determinado para isso pelo Estado (o agente policial é um caso, mas pode haver outros, como o auditor fiscal da receita federal, do tribunal de contas, etc.). Acrescente-se a isso o fato de que o Estado intervém diretamente na vida em sociedade sob outras formas e não unicamente através da força policial.

Especificamente em relação ao poder de polícia, o Estado pode assumir a posição não só de polícia ostensiva, cujo objetivo é a repressão e a prevenção ao crime, como também a da chamada polícia judiciária (MIRABETE, 1997; NUCCI, 2007), responsável pela investigação criminal após o cometimento do crime, isto é, quando já existe uma cena de crime no ambiente. Além disso, o Estado tem condições atribuídas pela própria sociedade não só de combater o crime através de meio policial, como também através da criação de meios para que os cidadãos possam melhorar sua condição de vida, de tal forma que se torne desinteressante a opção pelo delito.

De fato, a relação existente entre diversos indicadores sociais e criminalidade é bastante conhecida e evidente, especialmente quando relacionada a áreas degradadas do ambiente urbano, pouco servido de serviços e oportunidades para a população. O nível de escolaridade, por exemplo, interfere em um grande número de indicadores sociais e de comportamento, sendo que a distribuição de riqueza, para se mencionar apenas um elemento,

tem clara distribuição estratificada em anos de escola completados pelas pessoas (KINGSTON *et al*, 2003).

A renda auferida pelo cidadão é determinante na sua escolha ou não pelo cometimento do crime. Portanto, a atuação do Estado, em termos de políticas de repressão e combate ao crime, não está circunscrita à atividade policial apenas, mas a um conjunto de atividades que podem ser valoradas com o objetivo de melhorar a eficiência do modelo. O modelo permite que se avaliem as conseqüências da intervenção do estado neste campo, pois admite que o agente Estado se desdobre em mais de uma função que não apenas a de policiamento. Face à sua flexibilidade, o modelo também permite verificar o impacto, por exemplo, das guardas privadas e outras formas de prevenção não-estatal à criminalidade, ao permitir adequar vários critérios valorativos aos agentes.

Vindevogel (2005), por exemplo, analisou o impacto da implantação, em distritos industriais, de políticas de prevenção ao crime, utilizando-se de policiamento privado constituído por empresas e instituições com domicílio e interesses econômicos em um determinado distrito, muito embora este não tenha por objetivo substituir a força pública. De fato, o objetivo era eliminar, ou pelo menos reduzir, os indícios de desordem e ausência de controle urbano, o que, em princípio, estaria relacionado com índices de criminalidade. A introdução de certo tipo de “policiamento privado” introduziria uma nova função *custo* no sistema e, particularmente, alteraria os parâmetros de percepção de punição sentido pelo agente, expresso na equação de comportamento dos agentes do modelo. Estas iniciativas, por exemplo, estariam em sintonia com a teoria de Clarke (1995), que relaciona a decisão de cometer o crime com o grau de proteção e segurança que a oportunidade oferece.

4.1.3 Agente *Oportunidade*

O *Agente Oportunidade (spot)* é definido como o ponto reconhecível onde exista um bem de valor apreciável pelo potencial ofensor. Este agente assume a condição de valor utilitário para o agente cidadão e, da mesma forma que os outros agentes, pode assumir a condição singular ou múltipla, dependendo da configuração dada ao modelo, ou do crime que se está querendo modelar. O modelo permite que o agente possua autonomia em relação a quaisquer atributos, podendo se movimentar ou ser estático, conforme a necessidade do simulador.

Cabe lembrar que a existência de uma oportunidade perceptível pelo potencial agente criminoso é condição para as teorias do crime já citadas. Cohen e Felson (1979) enfatizam a concepção de que o delito não é fruto de uma anormalidade doentia ou patológica, muito ao gosto dos criminologistas clássicos, conforme lembram oportunamente Pablos de Molina (2006) e Mayrink da Costa (2005). Pelo contrário, trata-se de um fenômeno “normal” que depende fundamentalmente do encontro de uma “oportunidade” em condições desguarnecidas, quando a probabilidade de ocorrência do delito aumenta substancialmente.

Clarke (1995) vai mais adiante, afirmando que as características particulares de como esta “oportunidade” se mostra ao potencial ofensor acabam definindo a ordem hierárquica de valores que o fará tomar a “decisão racional” de delinquir ou não. Nesta linha, em conformidade com estes ensinamentos, o modelo deve permitir, de modo flexível, configurar o “alvo” do ofensor, de forma que seja possível avaliar dinamicamente os postulados dos autores já referidos.

4.1.4 *Ambiente*

A dimensão espacial é fundamental para uma aproximação, da forma mais fidedigna possível, do modelo de simulação para a situação real. Isto se deve ao fato de que inúmeras escolas que estudam o fenômeno da criminalidade relacionam diretamente o ambiente urbano com o cometimento do crime, como, por exemplo, a Escola de Chicago (TANGERINO, 2006) e as linhas sociológicas de Durkheim e Merton (VIAPIANA, 2006). Estas linhas de pesquisa relacionam degradação das condições urbanas, condições ambientais, institucionais, ausência de vínculos sociais como fatores potencializadores do cometimento de crimes, em face do rompimento de estruturas de controle familiar e social, degradação de renda e ausência de serviços públicos. Dados coletados em regiões urbanas que ratificam esta posição justificam que a localização espacial é uma variável determinante para a delimitação de determinados eventos criminosos, especialmente aqueles relacionados com a criminalidade eminentemente urbana, como tráfico de drogas, furtos e crimes sexuais e contra a vida.

A possibilidade de lidar com o ambiente como agente ativo na modelagem do fenômeno criminoso permite, entre outras alternativas, deixar rastros, localizar, valorar o ponto espacial de forma a criar categorias de diferenciação perceptíveis pelos outros agentes. O modelo permite que o agente assuma qualquer atribuição que seja passível de interação e

que, de alguma forma, interfira na emergência de outros fenômenos. Os três agentes, podendo assumir diversas subcategorias que interagem entre si, podem definir a complexidade do fato criminoso. Torna-se um fato complexo por reunir em um mesmo ambiente de atuação diversas especialidades que atuam simultaneamente, como Economia, Sociologia, Psicologia, Direito, entre outras. O referencial teórico para modelar o comportamento dos agentes depende exclusivamente da capacidade de se traduzir este conhecimento em regras de comportamento para os agentes, sejam elas apreciáveis economicamente ou não.

Axtell e Epstein (1996), ao apresentarem seu modelo *sugarscape*, procuram enfatizar a idéia que as regras que regem o comportamento dos agentes autônomos devem se manter as mais simples possíveis.

Regra G de taxa de crescimento do *sugarscape*: Em cada ponto p do ambiente, o açúcar volta a crescer na proporção de Ω unidades por intervalo de tempo até o limite da capacidade daquela posição. (AXTELL e EPSTEIN, 1996, p.23)

O modelo proposto entrelaça a interação dos agentes através da criação ou depreciação de valor agregado que ocorre a cada instante que existe uma interação em função dos parâmetros específicos de ocorrência de cada crime em particular, segundo as regras propostas por Shavell & Polinsky (2000). Neste sentido, o modelo reúne, no mesmo ambiente de interação, várias formalizações teóricas, tendo como ponto de ligação a análise econômica da lei e a teoria econômica do crime.

A formalização das características do ponto (agente oportunidade) onde ocorre o delito segue a formalização proposta pela teoria racional e pela *routine activity theory*. Esta formalização pressupõe que a localização espacial do alvo do agente criminoso segue um determinado padrão, de acordo com o delito praticado. Vários estudos já realizados pelos autores comprovam que determinados padrões criminosos seguem esta linha, permitindo a sua adoção como referencial. Apenas a título de comentário, a notória *broken windows theory*, aplicada na cidade de Nova York na década de 90, foi baseada, entre, outros estudos, na percepção que a desordem e o caos urbano potencializam a ocorrência criminosa, por aumentarem a noção de inexistência de autoridade de degradação impune do ambiente. O uso de outras referências não altera a base conceitual de interação *agente-estado-oportunidade-ambiente*, que ocorre em qualquer evento criminoso.

4.1.5 Dimensões de análise do modelo baseado em agentes

O objetivo do modelo é permitir que as interações autônomas e aleatórias dos agentes nas suas várias dimensões de análise possam ser simultaneamente simuladas para verificar sua repercussão no modelo computacional.

A seguir, cada dimensão é discutida em detalhes:

a) Dimensão Legal

A dimensão legal está relacionada com a repercussão econômica de todos os aspectos relacionados à aplicação da lei penal objeto de estudo. Refere-se à eficácia da lei em diminuir ou combater o crime a que se refere, ao custo envolvido na sua efetiva implementação e à verificação de quais modificações no texto legal podem ser cogitadas como forma de aumentar a eficiência na prevenção a um crime específico. Ainda, abrange a verificação da influência dos fatores de *desutilidade* no cometimento do crime, em termos das decisões proferidas nos tribunais, como, por exemplo, tempo de duração do processo e duração do aprisionamento e se, do ponto de vista da reincidência, penas mais elevadas de aprisionamento ou multas maiores podem ser mais eficazes, bem como a verificação de se o tipo penal utilizado pode ser mais adequado ao contexto e de se a combinação ou soma de crimes indica necessidade de modificação de lei (ex: furto ou roubo de coisa móvel somado com formação de quadrilha e seqüestro).

b) Dimensão de Comportamento

Essa dimensão envolve a análise do comportamento dos agentes segundo a maximização da utilidade, com a verificação se esta premissa de conduta é constante em todos os delitos ou se em determinados crimes o comportamento dos agentes sofre outras influências importantes. Também busca verificar se a teoria da escolha racional (ANEXO C) rege de forma genérica todas as decisões das pessoas relativamente à maximização da sua utilidade esperada, ou se determinados fatores podem modificar a decisão de cometimento de

crime (SCHEINKMAN *et al*, 1996). Compreende, ainda, a análise do comportamento dos agentes em relação à incerteza para o crime específico e sua comparação com outras formas de comportamento criminoso, e a verificação da influência do comportamento coletivo na tomada de decisão do agente (ZIMBARDO, 2007), bem como se a simples percepção de comportamento de outros agentes em um ambiente comum aumenta a possibilidade de o próprio agente assumir aquele comportamento, fenômeno conhecido como *peer pressure* (BARGH, CHEN e BURROWS, 1996).

Chartrand e Bargh (1999) constataram a grande influência do meio ambiente na vida diária de uma pessoa e que suas decisões são determinadas menos pelas suas intenções conscientes e deliberadas, mas muito mais por processos mentais que são colocados em movimento por mecanismos externos e de ambiente e que operam fora de um estado de percepção consciente da realidade que guie os atos individuais.

c) Dimensão econômica

A dimensão econômica traz a explicitação da dimensão descritiva da lei (SHAVELL, 2004), quando procura expressar os efeitos da lei desde um ponto de vista valorativo, ou seja, dos custos envolvidos na operacionalização da lei. Trata-se de aplicar a cada interação relacionada à aplicação da lei, através da simulação (SHAVELL, 2004), o seu valor agregado, e estudá-la face à sua eficácia e eficiência. Assim, a interação dos agentes gera riqueza enquanto não cometer crime. Cometendo-se crime, apura-se um prejuízo. Se o Estado captura este criminoso, pode multá-lo absorvendo a renda da multa. Além disso, em qualquer situação, a simples perseguição penal pelo Estado gera um custo global, dividido entre todos os agentes. Ainda, a análise da criminalidade pela perspectiva econômica explicita o quanto onera a sociedade não só a conduta criminoso em si, mas principalmente a *forma* escolhida para o seu combate e sua eficácia.

d) Dimensão de atuação do Estado

Esta dimensão trata do caráter normativo da lei (SHAVELL, 2004) proposta para o modelo. A atividade criminoso é influenciada por diversos parâmetros que não são

necessariamente influenciados pela possibilidade de punição legal. A intervenção organizada do estado, enquanto formulador de políticas públicas que, de alguma forma, podem interferir na ocorrência da criminalidade, está representada por um *agentset* que pode decidir sobre vários parâmetros diretamente ligados á organização social e, portanto, com impacto no controle de índices de criminalidade, que podem simultaneamente ser apurados pelo construto da teoria econômica da aplicação pública da lei (SHAVELL e POLINSKY, 2000).

Conforme relata Viapiana (2006), diversos estudos já realizados demonstraram que a intervenção do Estado em zonas socialmente degradadas, colocando serviços à disposição da população interfere diretamente em estatísticas criminais, conforme demonstrou Ehrlich³ ao constatar que as médias de anos de estudo da população adulta (acima de 25 anos) afetava as taxas de crimes, principalmente aqueles cometidos contra a propriedade, coincidindo com as conclusões de Cohen e Felson (1979). A educação é parte integrante das atribuições do Estado. O modelo permite avaliar em que medida o custo do investimento em educação e outros serviços públicos dentro de um determinado contexto sócio-espacial podem modificar os padrões de criminalidade. Sabe-se, por exemplo, que a renda de indivíduos e famílias é diretamente proporcional ao grau de escolaridade (KINGSTON *et al*, 2003).

e) Dimensão ambiental

Nesta dimensão, procura-se analisar a influência dos fatores inerentes ao meio ambiente no cometimento do crime, quais os tipos criminosos mais influenciados pelo fator ambiente e quais suas características peculiares. A localização espacial do evento criminoso há muito é objeto de estudos pela criminologia. A relação entre as condições sociais e econômicas do espaço onde ocorrem determinados tipos criminosos é a base da Escola de Chicago, onde a chamada *ecologia do crime* exerce influência em determinados tipos de crimes (TANGERINO, 2007).

Ainda nesta mesma dimensão, ocorre a verificação da relação entre determinadas variáveis com o crime (pobreza e criminalidade, por exemplo), pois já está devidamente comprovado por pesquisas empíricas que vários tipos criminais guardam estreita relação com o local onde ocorrem. Por fim há, também, a verificação da influência da urbanização

³ *Apud* Viapiana (2006), p.38

desordenada na atividade criminosa segundo os conceitos estabelecidos pela Escola de Chicago (TANGERINO, 2007).

f) Dimensão Social

A dimensão social está relacionada com as Escolas Criminológicas que têm como referencial a Sociologia. Destaca-se nesta abordagem o conceito de *anomia*, originalmente cunhado por Durkheim e posteriormente aproveitado por Merton (VIAPIANA, 2006). Na visão de Durkheim, o modo pelo qual o homem age é sempre condicionado pela sociedade (VIAPIANA, 2006). Dessa forma, segundo Durkheim, para compreender o comportamento humano, devemos estudar os “fatos sociais”, as determinações e influências que as instituições exercem sobre as formas de agir humano. Robert Merton (VIAPIANA, 2006), por sua vez, especificou o conceito de *anomia*, afirmando que esta surge quando ocorre uma disjunção ou dissociação entre as aspirações e objetivos institucionalmente reconhecidos e valorizados e os meios legítimos à disposição dos indivíduos para que estes possam realizá-los.

Ainda que possa haver certa semelhança entre as dimensões ambiental e social, a segunda está mais relacionada às interações humanas, incluindo a influência cultural, enquanto a dimensão ambiental trata o meio de forma pró-ativa, como modificadora de condutas.

4.1.6 Lógica do Modelo Conceitual

O modelo busca reunir condições para simular diversos cenários de ocorrência de crime baseado nas alternativas previstas nas referências teóricas citadas. Para que este intento seja possível, o modelo conceitual deve conter condições que permitam agregar atributos considerados essenciais para as escolas que estudam o fenômeno criminoso. Os três agentes propostos permitem que sejam estabelecidas as condições para análise dos cenários incluindo todas as teorias simultaneamente.

O agente-cidadão permite que sejam avaliadas as condições pessoais de tomada de decisão do agente quando consideradas individualmente. No caso do presente estudo, o

comportamento do agente em relação ao crime se dá em relação à comparação que ele faz dinamicamente entre a expectativa de ganho e a probabilidade de incorrer em custos, no caso de ser efetivamente capturado pelo agente policial. Sabe-se também que cada pessoa reage de maneira distinta relativamente à tolerância ao risco e à incerteza e, assim, o comportamento do agente-cidadão reflete esta correção na percepção, atribuindo a este uma correção que distorce o valor percebido, conforme seja o agente avesso, neutro ou tolerante ao risco.

Shavell e Polinsky (2000) afirmam que cada intervenção do agente-cidadão tem uma repercussão econômica, para si e para a sociedade, expressa em uma função custo capturada pelo modelo. Parece intuitiva a realização deste cálculo, porque no ambiente real a interação das pessoas em sociedade faz circular recursos. Parcela expressiva destes recursos são coletados pelo Estado na forma de tributos, que o modelo apropria dos agentes.

O agente-estado representa a intervenção deste na sociedade, podendo, como mencionado, assumir diversas subcategorias. No caso do modelo, colocou-se o agente policial com o atributo de encontrando em flagrante delito o criminoso, capturá-lo e levá-lo à autoridade judicial para o devido processo legal. O agente policial é apenas uma das possibilidades de manifestação do Estado. Mesmo sendo policial, com atribuições específicas derivadas da sua função, deve também “pagar impostos”, situação que o modelo também apropria. O agente oportunidade representa o alvo previsto nos ensinamentos de Cohen e Felson (1979) e Clarke (1995) em sua formulação de uma teoria para a ocorrência do fato criminoso. O ambiente representa os ensinamentos das diversas escolas que colocam a situação geográfica e as condições físicas de habitat como condicionantes para a ocorrência do fenômeno criminoso.

Como o modelo tem como referencial teórico a aplicação da lei penal, é necessário verificar se o modelo reflete o comportamento em sociedade segundo os seus limites tal qual ocorre no mundo real. Para tal objetivo, verifica-se se as mesmas regras que se aplicam ao mundo real se aplicam ao ambiente de simulação computacional. Assim, o comportamento do cidadão-agente é “livre, autônomo e auto-regulado”, nos limites de sua área de atuação, o que analogicamente se refere ao território onde a lei tem aplicação. A questão territorial impõe que agentes fora dos seus limites não estão sob seu controle, e é um dos princípios fundamentais da ciência jurídica. Percebe-se que no modelo, analogamente, apenas os agentes definidos para o ambiente simulado estarão submetidos a esta regra espacial (territorial). Também se constata que os agentes podem atuar livremente de acordo com as suas regras de comportamento e desde que não violem a lei (quando cometem um crime).

O modelo não faz distinção entre agentes, todos sendo considerados “iguais” perante a lei. Caso cometam um crime, somente poderão ser pegos em flagrante pela “autoridade policial”, e não por outro agente qualquer. E por fim, o devido processo legal, a formação do inquérito e a eventual condenação do agente ofensor estão previstas em lei (MIRABETE, 1997). Assim, é possível dizer que o comportamento dos agentes em ambiente simulado reproduz as condições encontradas pelos cidadãos no mundo real, pois os mesmos atributos legais são aplicados analogamente em ambas as situações, resguardadas as simplificações necessárias à consecução do modelo.

Cabe também referir que o conceito de “aleatório” para efeitos de ocorrência de evento criminoso deve ser cautelosamente avaliado. Preliminarmente veja-se, por exemplo, que a “aleatoriedade” do simulador não é absoluta, seguindo sempre a complexidade do algoritmo gerador de números aleatórios encapsulado no programa utilizado. Dito de outra forma, sempre será possível determinar um “padrão” de comportamento dos números gerados que inevitavelmente provocarão um viés nos resultados obtidos.

Inobstante, a realidade da criminalidade em diversas situações reais está longe de ser completamente aleatória, sendo sabido, até mesmo de forma intuitiva, que determinados “alvos” (oportunidades) são justamente escolhidos como vítimas potenciais por seguirem um mesmo padrão compatível com o objetivo de delinquir. Com efeito, Cohen e Felson (1979), em seu trabalho, não deixam dúvidas de que o evento criminoso está longe de ser aleatório. O delito ocorrerá em determinadas situações onde haverá um *padrão* de oportunidade disponíveis, interessantes (CLARKE,1995) e desprotegidas (*Routine Activity Theory*). A *repetição* destas circunstâncias atrairá os potenciais criminosos justamente porque a equação de utilidade, nestas situações lhes será favorável. Portanto, certo padrão de previsibilidade, além de ser inevitável, será também desejável, demonstrando ainda mais a aderência, ainda que involuntária, do modelo, aos referenciais criminológicos utilizados.

4.2 FASE 2 – DESENVOLVIMENTO DO MODELO

4.2.1 Arquitetura de Agentes

Segundo Streit (2006), uma das principais preocupações no processo de desenvolvimento dos modelos baseados em agentes é com a natureza dos agentes e definição de seus modelos internos, isto é, como eles interagem com outros agentes e o ambiente. Argumenta o autor que uma descrição muito minuciosa dos agentes pode acabar limitando os

comportamentos, reduzindo a quantidade de informações que o modelo potencialmente poderia fornecer.

A proposta de modelo conceitual de aplicação da lei penal apresentada na figura 3, adaptada de Streit (2006), obedece esquematicamente às seguintes dimensões estruturais, conforme apresentado na figura 3:

- Estrutural externo – parâmetros de contexto (distribuições de frequência);
- Estrutural interno – variáveis de controle;
- Nível intencional – condicionantes de comportamento dos agentes.

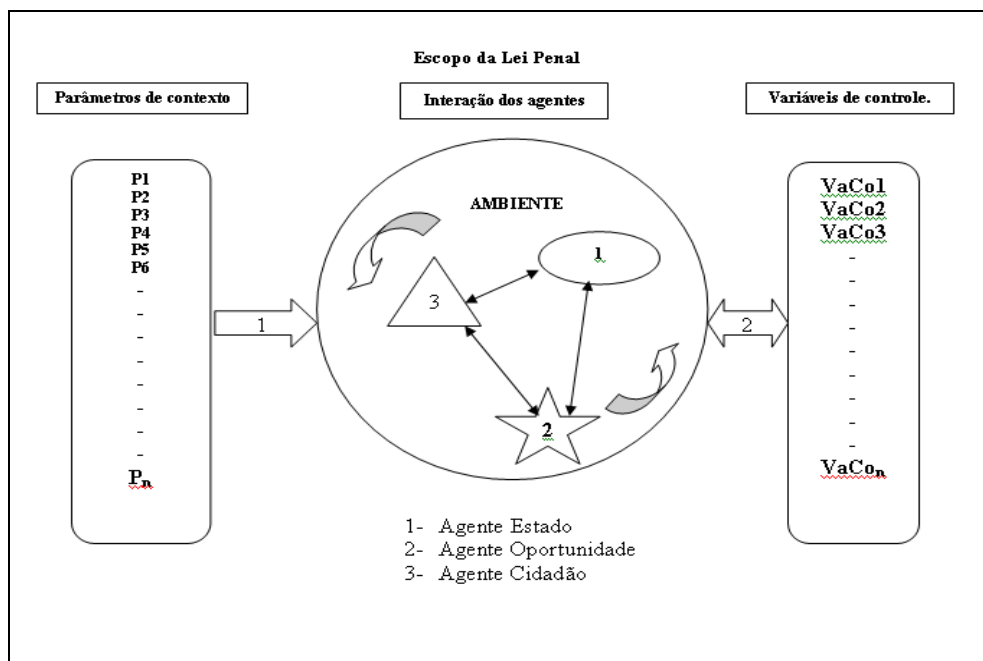


Figura 4 – Dimensões estruturais do modelo

Fonte: Adaptado de Streit (2006).

O modelo conceitual genérico proposto contém os seguintes componentes:

- Parâmetros de contexto – P_n : são dados e informações obtidos empiricamente relacionados à lei que se quer estudar. Na proposta do modelo, estes dados são constituídos primordialmente de distribuições de frequência para as mais variadas informações pertinentes ao estudo, sempre relativos a uma região que se queira estudar. Carga tributária, renda dos cidadãos, quantidade de policiais, existência e quantidade de oportunidades de crime, valor médio das oportunidades, custo da justiça, número de inquéritos efetuados, número de condenações, taxa de surgimento de novas oportunidades, taxa de crescimento

da população, taxa de crescimento/decrescimento da força policial, perfil de aversão ao risco da população da região, taxa de reincidência, etc. Eles definem preliminarmente o ambiente. Mas podem ser alterados dinamicamente pela interação dos agentes;

- b) Nível intencional de interação dos agentes: refere-se ao ambiente espacial e aos agentes que interagem entre si e com o ambiente segundo as regras de comportamento que lhes são atribuídas. O campo de atuação dos agentes é atribuído pelo observador de acordo com o cenário que busca analisar. As setas sombreadas indicam que o sistema é dinâmico, complexo e autônomo. Todos interagem com todos. Apesar do ambiente não ser considerado conceitualmente um agente, no sentido estrito de sua definição (BARONE, 2003), ele repercute, interage, coleta, altera e é alterado pelo comportamento dos agentes. A rigor, o ambiente “responde” as interações com os agentes com a mesma riqueza de informações e atributos;
- c) Variáveis de controle – $VaCo_n$: são as variáveis dependentes projetadas pelo observador. No presente caso, toda e qualquer relação válida estabelecida entre os parâmetros e as interações resultantes dos agentes pode ser capturada pelas variáveis de controle, desde taxa de crimes por habitante, número de flagrantes obtidos, valor do prejuízo acumulado em função dos crimes cometidos, valor da renda auferida pelo Estado em função da atividade econômica dos cidadãos (lícita) através dos tributos (parâmetro carga tributária), valor total das multas acumuladas, prejuízo ou lucro acumulado pelo poder público oriundo da sua intervenção para executar a lei em uma região específica arbitrariamente escolhida pelo observador. Todas estas variáveis tem seu comportamento observado ao longo do tempo;
- d) Nível de escopo da Lei Penal: define o nível de detalhamento do comportamento dos agentes, pois o modelo está baseado na premissa que o fenômeno criminoso analisado é certo, determinado e específico. Vale dizer que o observador previamente deve definir criteriosamente quais atividades criminosas pretende estudar. Em princípio, o modelo não estabelece uma limitação para os tipos penais a serem estudados, podendo ser apenas um (ex.

Art. 21 do Código Penal, Homicídio) ou dois ou mais crimes acumulados (ex. Art. 155 e incisos, do Código Penal, furto de coisa móvel, cumulado com Art. 171 e incisos da mesma lei, estelionato e Art. 288 e incisos da mesma lei, formação de quadrilha). O que determina a qualidade das informações obtidas na simulação é a validade e representatividade dos parâmetros obtidos empiricamente e através da coleta de informações de fontes específicas, como por exemplo, decisões judiciais, que informam a quantidade de denúncias, condenações e reincidências de delitos. A ressalva do escopo da lei implica que todos os parâmetros coletados e parametrizados e as informações decorrentes da interação dos agentes estarão sempre relacionados à definição prévia que o observador realizou acerca do crime cometido;

- e) Interações internas ao ambiente: tanto as setas entre os agentes (simples, de duplo sentido) como as sombreadas indicam as interações que o modelo permite. As setas simples indicam as interações entre os agentes, uns com os outros segundo as regras estabelecidas pelo observador. As setas sombreadas representam as interações entre os agentes e o ambiente. Todas estas interações são assíncronas;
- f) Interações externas ao ambiente: os parâmetros e informações externas, obtidas empiricamente e por coleta de dados sempre serão reflexo da realidade que se pretende simular. Assim, o modelo é “alimentado” com estes dados que serão utilizados pelos agentes e pelo “ambiente”, quando das suas interações dinâmicas. Portanto, a seta 1 indica apenas na direção do “ambiente” artificial, porque este não tem a capacidade de interferir nos dados obtidos e alterá-los, como de fato, é esperado. A seta externa 2 entre o ambiente e as variáveis de controle tem duplo sentido porque significa a interação do observador com a “sociedade artificial”, representando as modificações, testes e observações que este realiza com o objetivo de formar sua convicção a respeito do tema de estudo. Conceitualmente, não existe limitação para este *feedback* dinâmico, pois as modificações introduzidas dinamicamente é que permitem extrair comportamentos emergentes inesperados, como de resto é o objetivo final da simulação social computacional através de sistemas multiagentes.

4.2.2 Modelagem Computacional dos Agentes

Foram concebidos no modelo proposto três agentes que interagem entre si e com o ambiente produzindo, assim, os fenômenos emergentes decorrentes dos cenários produzidos pelo observador utilizando-se para isso dos parâmetros externos que alimentam o simulador.

A arquitetura utilizada pelo modelo propõe que os agentes sejam puramente reativos (BARONE, 2003), utilizando-se para tanto de regras simples de comportamento e reação aos estímulos que surgem. Agentes puramente reativos, não foram projetados para aprender com o sistema, reagindo apenas às informações que vão se sucedendo ao longo da simulação.

Sendo assim, sua interação é realizada basicamente através de estímulo-resposta, concebida através do uso de condicionadores lógicos *se...então...senão*. Dessa forma, os agentes não dispõem de crenças prévias sobre o mundo, nem conhecimento acumulado e, portanto, não têm o poder de selecionar ou criar respostas em face de um estímulo inesperado.

Agente-Cidadão – O Agente-Cidadão verifica se o evento naquele momento é interessante em termos de ganho ou não. *Se* for interessante, *então* comete o crime, *senão* continua interagindo no ambiente. Se o Agente-Cidadão comete um crime, ele deixa um rastro no ambiente reconhecido geograficamente como “cena do crime”. O cometimento do crime provoca conseqüências monetárias e criminológicas, pois afeta índices de criminalidade apurados ao longo da simulação pelo sistema bem como repercute nos valores globais de custo e renda daquela região onde se encontra de acordo com o disposto por Shavell e Polinsky (2000). Além disso, como bom “cidadão”, este agente produz riqueza para o ambiente, que é acumulada em termos de renda auferida pelo Estado, através da coleta de tributos. O Agente-Cidadão, no formato simplificado proposto pelo modelo tem então duas funções: selecionar se diante de uma oportunidade de crime deve ou não cometê-la e continuamente gerar riqueza através de impostos.

Agente-Oportunidade – Representa uma função-valor associada ao agente que esteja interagindo no sistema. O Agente-Oportunidade pode assumir qualquer forma ou característica que implique necessariamente em algum atributo que seja potencialmente interessante ao agente cidadão e que possa ser expresso em termos de utilidade associada.

No modelo proposto, toda vez que o Agente-Cidadão “captura” a oportunidade, causa um prejuízo à sociedade que é acumulado para efeitos de custo agregado. Como ocorre na realidade, a retirada de uma oportunidade do ambiente quando ocorre um crime é

provavelmente substituída por um equivalente, mantendo assim o equilíbrio do sistema (distribuição de frequência).

Agente-Estado - No presente modelo, a atividade do estado está limitada ao “policciamento” do ambiente, devendo então sempre realizar uma “prisão em flagrante” Se os três agentes se encontram no mesmo local simultaneamente, bem a propósito do que concebe o código de Processo Penal (NUCCI, 2007), que estabelece que o policiamento ostensivo tenha o “dever” de lavrar a ocorrência policial, quando intercepta um agente-cidadão em flagrante delito.

Na ocorrência deste evento o Agente-Estado (policial) “captura” o agente-cidadão criminoso e o “retira” do ambiente, evitando assim o “prejuízo” que seria a perda do objeto alvo do criminoso, que permanece, portanto no ambiente. Toda vez que a “prisão” ocorre, é notificado um boletim de ocorrência (BO) e um inquérito que será concluído ou não e um provável indiciamento que resultará numa probabilidade de condenação. As condições de ocorrência dos eventos são modeladas por distribuições de frequência. Além disso, a “prisão” em flagrante deixa um rastro no ambiente, que registra a ocorrência policial geograficamente no ambiente. Toda a prisão em flagrante implica numa probabilidade de pena de aprisionamento e de pagamento de multa. A multa coletada é acumulada como renda em relação ao cálculo de custo global realizado pelo sistema.

Ambiente – No modelo desenvolvido, está previsto que o ambiente acuse a ocorrência de cada crime cometido e de cada flagrante acontecido pela autoridade policial. No entanto, é possível propor outros atributos que sejam interessantes de ser estudados pelo observador.

Conforme enfatizado por Barone (2003), Axtell e Epstein (1996) e Streit (2006) os sistemas multiagentes não são concebidos para aumentarem a complexidade de um sistema já complexo por natureza, pois a essência do processo de emergência é justamente obter comportamentos inesperados no nível macro a partir de regras simples atribuídas aos agentes em nível micro Axtell e Epstein (1996).

Utilizando-se, portanto, da mesma terminologia proposta por Axtell e Epstein (1996) para representar as regras de interação entre os agentes no ambiente chega-se ao seguinte pseudo-algoritmo:

Dentro de um ambiente interagem aleatoriamente cidadãos, agentes do Estado representados por policiais, e grande variedade de oportunidades. Em um dado momento, qualquer cidadão, diante de uma oportunidade interessante pode cometer um delito desde que perceba uma possibilidade de ganho que seja no mínimo maior que sua própria renda

esperada ⁽⁴⁾ em um determinado local em que perceba que a possibilidade de punição seja mínima. Esta probabilidade de punição é percebida pelo agente como função não só da sua renda, como também da eficiência do Estado em combater a criminalidade e a impunidade. Ainda assim, o cidadão sabe que existe sempre a possibilidade de aparecer um policial que, se chegar ao local na hora, fará uma prisão em flagrante. Não havendo policial no local na hora e sendo interessante a oportunidade, o cidadão cometerá o crime. Cada cidadão, assim como cada oportunidade e cada policial geram renda coletada pelo Estado através de tributos. Como o cidadão é um membro legítimo da comunidade sua vida e relacionamentos com outros agente no ambiente gera continuamente renda para o Estado, assim como todo e qualquer crime gera prejuízo para a sociedade, pois aquele bem ou valor inerente à oportunidade deixa de ser legitimamente possuído para ser fruto de crime. Porém, o cidadão sabe que se ele for pego será provavelmente punido e retirado do ambiente pelo crime que cometeu, ou sofrerá uma multa que talvez o iniba de tentar novos crimes.

A descrição acima resume o comportamento computacional dos agentes no modelo proposto, servindo de guia para o protótipo desenvolvido.

4.2.3 Condicionantes da Motivação dos Agentes

Para concretizar os objetivos do Agente-Cidadão, e observar qual o fenômeno emergente derivado do seu comportamento individual aplicado à lei penal, o sistema define que cada agente cidadão reagirá a partir de um modelo racional de comportamento em relação ao cometimento do crime. Assim, o princípio da interação dos agentes se dá a partir do cometimento do crime, que é verificado de instante em instante de acordo com os parâmetros de contexto que foram fornecidos pelo analista.

O modelo condiciona a apuração do ganho aos parâmetros de contexto conforme definido no item 4.2.1. Cada parâmetro torna-se uma variável que será posteriormente utilizada na implementação do sistema.

- a) renda média do agente-cidadão (**P₁**);
- b) valor médio do objeto do crime – agente oportunidade (**P₂**);
- c) pena média de aprisionamento em anos, para o crime modelado (**P₃**);
- d) pena média (multa) expressa em valores monetários como punição pelo crime (**P₄**);
- e) probabilidade média de conclusão do inquérito por parte da polícia que resulte em denúncia em relação ao (s) delito (s) objeto de estudo (**P₅**);

⁴ Segundo inequação (1) do comportamento do agente: $g > p(f + 1 t)$.

- f) probabilidade média de condenação do acusado pelo judiciário pelo crime do qual está sendo processado, no caso de ter sido oferecida a denúncia e esta ter sido aceita pelo juiz (P_6);
- g) tempo médio de duração do processo criminal em anos (P_7);
- h) percepção de probabilidade média de punição (P_8);
- i) aversão ao risco médio do agente-cidadão (P_9).

Retomando a equação (1) (item 2.2, p. 44), tem-se

g = ganho que o violador obtém ao praticar a atividade criminosa;

p = probabilidade de punição;

f = multa;

t = tempo de cumprimento da pena;

l = desutilidade que o agente deve suportar por unidade de tempo de cumprimento de pena. (Aversão ao risco de aprisionamento)

Na implementação computacional do modelo, cada uma das variáveis da equação (1) foram calculadas usando os parâmetros de contexto conforme relacionados no item 4.2.3:

- 1) $g = P_2 \cdot P_5$; O valor médio P_2 é obtido através de uma distribuição normal de frequência, com média μ e desvio-padrão σ cuja média do objeto percebido sofre um deflator em função da aversão ao risco do agente.
- 2) $p = P_8$; Percepção que o agente tem, racionalmente, a cada momento, das possibilidades de punição, caso cometa o crime, obtido através de uma distribuição normal de frequência, com média μ e desvio-padrão σ .
- 3) $f = P_4$; valor de pena monetária dada pelo Juiz como punição pelo crime cometido, além do aprisionamento, obtido através de uma distribuição normal de frequência, com média μ e desvio-padrão σ .
- 4) $(l \cdot t) = (P_1 \cdot P_3) \cdot [(P_5 \cdot P_6) \cdot 1 / P_7]$; desutilidade resultante da maior aversão ou não do agente em relação à possibilidade de punição pelo cometimento do delito. Este fator da equação envolve vários parâmetros de contexto simultaneamente e está detalhadamente desenvolvido e formalizado no Anexo E. Através deste cálculo traduz-se para a percepção do agente-cidadão a eficácia do agente-estado em punir os criminosos, associada à renda média do cidadão, combinando assim duas categorias de desutilidade: **Subjetiva e Objetiva**. A desutilidade **subjetiva**

$(P_1 \cdot P_3)$ está relacionada com a razão entre renda média pessoal e tempo de aprisionamento, e procura medir o quanto vale monetariamente um período médio de aprisionamento previsto para o delito para o Agente. A desutilidade **objetiva** $[(P_5 \cdot P_6) \cdot 1 / P_7]$ procura refletir a eficácia do Estado na punição dos agentes na percepção do Agente-Cidadão. É calculada na razão inversa do tempo médio de duração de um processo criminal e na probabilidade direta entre a média de condenação pela média de conclusão em denúncia do inquérito policial (ANEXO E).

4.2.4 Implementação Computacional do Modelo de Simulação

4.2.4.1 Conceito de *agentset*

Neste ponto, para que seja possível a perfeita delimitação conceitual dos agentes intervenientes, faz-se necessário introduzir o conceito de *agentset*. A tradução literal de *agentset* seria a de um conjunto de agentes. Para que a modelagem seja a mais flexível possível, os agentes que vão interagir no simulador devem poder assumir o maior número de situações que os aproximem ao máximo da realidade que pretendem simular.

Assim, um mesmo *agentset* pode conter diversos subagentes, que conterão atributos diferenciados, mas que no conjunto buscarão aproximar o modelo da realidade que se busca simular. Não se pode esquecer que, entre outros parâmetros iniciais fornecidos, deve-se descrever perfeitamente a conduta criminosa, isto é, deve haver um artigo na lei penal que diga exatamente que aquela conduta cometida é um crime passível de punição.

No caso da presente simulação utiliza-se o Art. 155 do Código Penal (MIRABETE, 2000). Assim, o modelo proposto deve permitir adaptações de acordo com o crime a ser estudado e suas características peculiares. Caso se quisesse estudar o crime de estelionato (Art. 171 do Código Penal), todas as curvas de distribuição de frequência teriam que ser baseadas neste tipo penal. Os parâmetros oriundos das decisões judiciais que alimentam estas informações possuiriam características completamente diferentes, como por exemplo, tempo de aprisionamento, multa monetária média, tempo médio de duração do processo, local característico do crime, vítima preferencial, reincidência, idade média da vítima, idade média do ofensor, etc.

Dito de outra forma, o modelo deve ser flexível o suficiente para adequar a cada tipo penal a ser estudado uma determinada estrutura de *agenset*. Esta estrutura deverá refletir as particularidades de cada delito específico. Dito isso, é possível conceituar os três agentes principais citados como sendo *agentsets*.

Para exemplificar, no caso do modelo proposto, como já citado, uma subespécie do *agente Estado* será o agente “policial”, responsável pelo policiamento ostensivo e por lavrar o flagrante quando da sua ocorrência. Seria o equivalente à Polícia Militar, responsável pelo policiamento de rua. No entanto, este mesmo *agente Estado* deve permitir a configuração de outro tipo de agente que poderá atuar no ambiente, por exemplo, o agente “detetive”, ou Polícia Judiciária, responsável pela investigação do crime após seu cometimento e que deverá, a partir da cena do crime, buscar a sua solução, a partir dos “traços” deixados pelos criminosos na cena do crime.

Assim, um mesmo *agenset* pode conter um ou subagentes, ou espécies de agentes que irão interagir no espaço de simulação, procurando reproduzir, em escala, o comportamento das autoridades quando da ocorrência do crime.

Este conceito permite grande flexibilidade ao modelo, da seguinte forma: (fig.4).

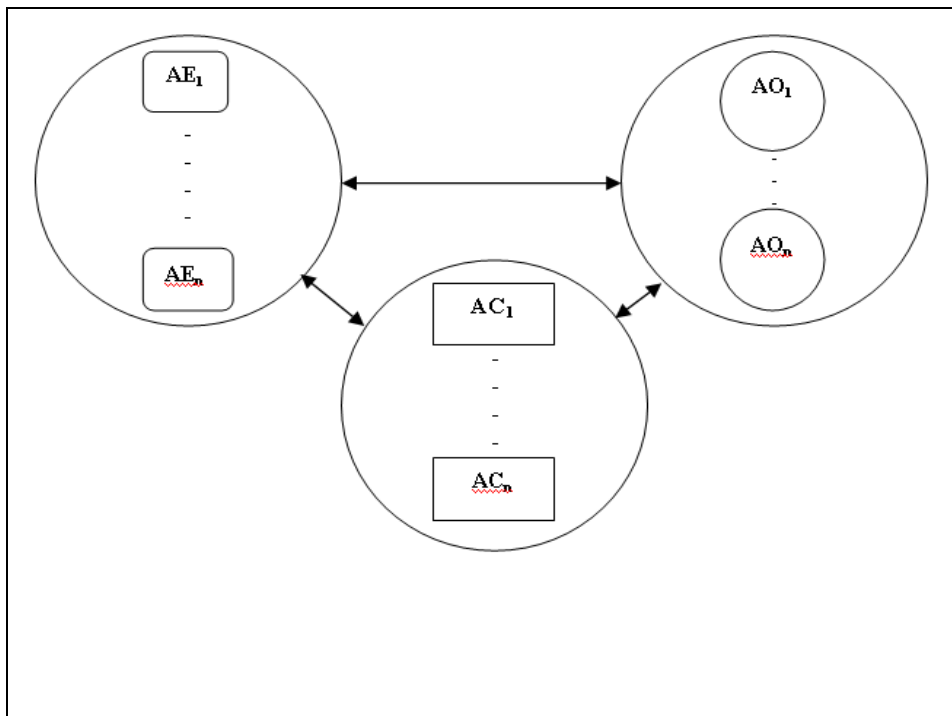


Figura 5 – O agente como *agenset*.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Segundo Streit (2006), para implementar o modelo em ambiente computacional é essencial escolher a plataforma mais adequada para o projeto de simulação. Streit (2006) relaciona uma lista de frameworks especialmente concebidos para simular modelos baseados em agentes, tais como *Sesam – Shell for Simulated Agent Systems* (KLÜGL *et al*, 2003); *Repast - Recursive Porous Agent Simulation Toolkit* (COLLIER, 2001); *Ascape* (PARKER, 2000); *NetLogo* (WILENSKY, 1999) e *Jason* (BORDINI e HÜBNER, 2005).

Destas opções, optou-se pela linguagem *NetLogo 3.1.4* (WILENSKY, 1999), por ser especialmente adequada para experimentos com simulação de fenômenos sociais e naturais complexos que se desenvolvem ao longo do tempo. Além disso, dispõe de códigos fontes facilmente acessáveis pela internet (WILENSKY, 1999) e uma razoável quantidade de modelos disponíveis para análise e estudo. Sua interface é relativamente intuitiva e a sintaxe permite manipulação bastante flexível dos dados. Uma limitação, no entanto é não ser preparada para programação de agentes com arquitetura BDI (STREIT, 2006).

A linguagem *NetLogo 3.1.4* (WILENSKY, 1999), é interpretada, ou seja, executa instruções em tempo real. Significa dizer que a parametrização dos dados que alimentam o simulador não possui interface de entrada intuitiva, via interface de entrada. A cada vez que se manipula a simulação, devem-se, diretamente através da interface gráfica, reconfigurar os parâmetros de acordo com o objeto de pesquisa em questão.

A entrada de dados do simulador e a parametrização das distribuições de frequência são feitas diretamente no console de operação do simulador. O modelo conceitual do projeto do simulador prevê que a geração dos valores aleatórios que testarão os cenários de análise serão distribuições de frequência. Não há uma preferência específica em relação às curvas mais adequadas, pois cada um dos parâmetros de entrada possui características próprias que precisam ser averiguadas empiricamente. Law e Kelton (1982) afirmam que esta fase é particularmente importante para que os resultados não sejam irreais, por isso a importância da escolha de uma distribuição adequada. Para efeitos do simulador programado neste trabalho, por simplificação foram utilizadas sempre que possível distribuições normais de frequência com media μ e desvio padrão σ . Resta lembrar, que a geração de valores aleatórios na simulação está condicionada ao algoritmo encapsulado na linguagem utilizada, no caso o *NetLogo 3.1.4* (WILENSKY, 1999).

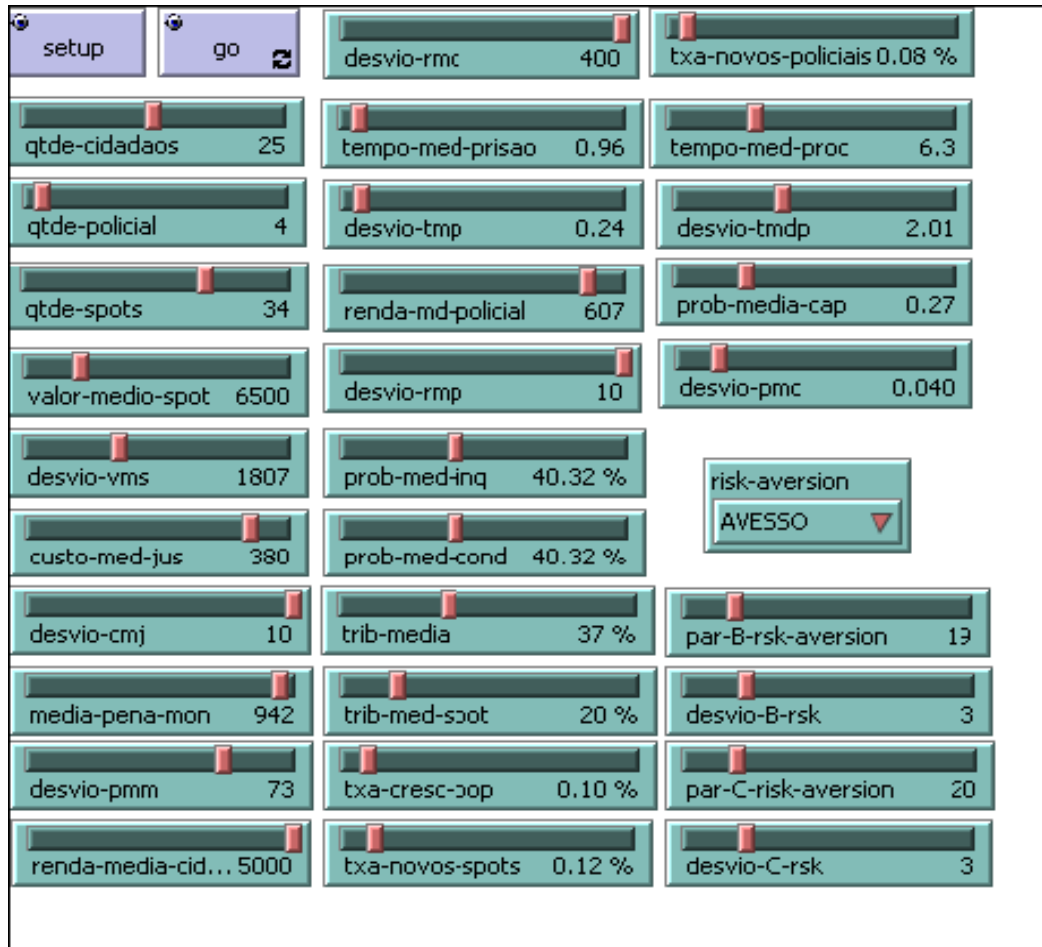


Figura 6 – Console de controle do simulador

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 5 vê-se o console de operação do modelo, onde é possível ao analista manipular com os parâmetros de acordo com os cenários de interesse. Os parâmetros iniciais, devem refletir os cenários de interesse. Por exemplo, o *slider* (régua) *valor-medio-spot* e *desvio-vms* significam que os valores aleatórios gerados para o valor de cada oportunidade em um determinado instante t seguem uma distribuição normal cuja média $\mu = \text{valor-medio-spot}$ e desvio-padrão $\sigma = \text{desvio-vms}$.

O modelo permite ao observador “mover” o valor desta distribuição de freqüência a partir de sua média e de seu desvio padrão, produzindo alterações nas freqüências obtidas conforme o interesse do projeto de simulação. Outras distribuições podem ser utilizadas, preferencialmente que reflitam os eventos reais dos quais se quer extrair propriedades emergentes. O comportamento real de cada parâmetro empiricamente obtido é que vai determinar qual a distribuição de freqüência a ser utilizada. Outras formas de obtenção de

valores aleatórios podem ser utilizadas, porém, como alerta Law e Kelton (1982), dessa escolha depende a qualidade da simulação.

Cumpra-se enfatizar que a escolha das distribuições de frequência $N(\mu, \sigma)$ para geração dos valores usados na simulação não é limitada pelas características da linguagem. Depende apenas da decisão do modelador.

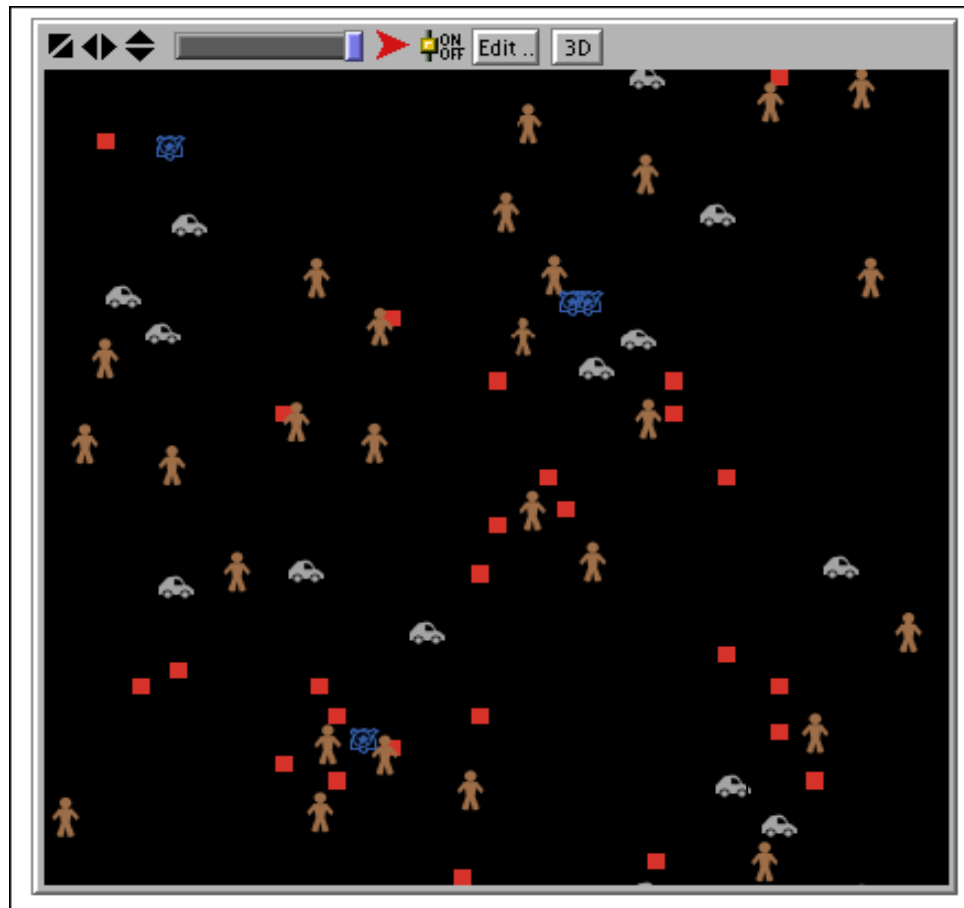


Figura 7 – Interface Gráfica - Ambiente de visualização da interação dos agentes

Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura 6 mostra a interface gráfica os agentes descritos no modelo conceitual em seu ambiente de interação. Cada forma de “pessoa” representa um agente-cidadão, que a cada rodada gera aleatoriamente novos valores. A movimentação dos agentes compreende todo o espaço da tela, simulando todo o ambiente de interação. A forma “carro” representa o agente-oportunidade que está circulando (no caso deste modelo) no espaço de forma aleatória, segundo critérios de movimentação definidos pelo observador. Esta movimentação também pode ser parametrizada de acordo com o cenário estudado, pois eventualmente, o “alvo” (oportunidade) não necessariamente está em movimento, mas estático, ou pode até mesmo ter

uma movimentação diferenciada dos outros agentes. O terceiro agente é o agente-Estado, (forma de distintivo) no caso representado pelo policial, pois como já foi visto anteriormente, o agente estado pode assumir várias tarefas e funções, além da policial.

No presente trabalho o agente-estado foi modelado como agente da lei, cujo objetivo é capturar em flagrante o criminoso quando esta tenta cometer o crime. Por fim, o ambiente (em preto) representa o espaço de interação. Os pontos em vermelho são locais de ocorrência de crime, quando não havia, no mesmo local, ao mesmo tempo, um policial para capturar o criminoso em flagrante e o agente-cidadão encontrou uma oportunidade de interesse e desguarnecida, cometeu o delito. O modelo demonstrado procura estudar as propriedades emergentes aplicadas ao art. 155 do código penal, “*Subtrair, para si ou para outrem, coisa alheia móvel*”. Trata do crime de furto de coisa móvel. Furto de veículos se enquadra nesta categoria. No Anexo F estão colocadas amostras de decisões dos tribunais sobre este crime específico, onde se extraem várias informações que posteriormente serão parametrizadas para alimentar o simulador em relação ao crime de furto de coisa móvel especificamente.

O modelo trata a percepção de punição “*p*” (parametrizada) captada pelo agente de forma independente da probabilidade de captura originada pela interação dos agentes na simulação, eis que de fato, na vida real, são variáveis independentes, pois a percepção que a pessoa tem sobre a probabilidade de um evento ocorrer não se confunde com a ocorrência do evento em si.

A percepção de probabilidade da pessoa é função do conhecimento que o cidadão tem da realidade. A ocorrência ou não do evento independe desta percepção. O flagrante ocorre de forma independente do observador, e decorre das condições iniciais colocadas nos parâmetros. Sua ocorrência é imprevisível e aleatória, podendo ocorrer ou não a qualquer momento e em qualquer quantidade ao longo da simulação.

5 TESTES DE VERIFICAÇÃO PRELIMINAR

Segundo Law e Kelton (1982), validar o modelo significa determinar se a simulação é uma representação acurada do sistema real que está sendo estudado, isto é, se o modelo é válido. Nesta linha, os autores estabelecem a diferença entre validação e verificação de um modelo de simulação. A primeira bateria de testes se refere à verificação do modelo e a segunda bateria de validação do modelo:

Verificação significa determinar se o programa de computador da simulação executa como planejado, isto é, a depuração do programa de computador. Assim, a verificação checa a tradução do modelo de simulação conceitual em relação ao funcionamento correto do programa. ... A validação está preocupada em determinar se o modelo de simulação conceitual é uma representação acurada do sistema sob estudo. (LAW e KELTON, 1982, p.333).

Ainda segundo Law e Kelton (1982), simulação trata de técnicas usadas em computador para imitar, ou simular, a operação de vários tipos de operações e processos do mundo real. Uma operação ou processo de interesse é usualmente chamado de sistema e para que seja cientificamente estudado, invariavelmente tem-se que se admitir algumas premissas sobre como este sistema funciona.

Se as relações que compõem o modelo são suficientemente simples, pode ser possível usar apenas métodos matemáticos para se obter a informação de interesse através de processos analíticos. Andrade (2006) mostra que a aplicabilidade ou não do método analítico depende do sistema ou ambiente que se quer estudar. A maioria dos sistemas reais, como é o caso do presente modelo, é complexa demais para ser estudada pelo método analítico. Ciências sociais, particularmente, são pródigas em oferecer cenários complexos.

Um sistema é definido como uma coleção de entidades (pessoas ou máquinas) que agem e interagem conjuntamente para atingir um fim logicamente determinável (Law e Kelton, 1982). Um modelo é uma representação desenvolvida com o objetivo de estudar este sistema que deve ser suficientemente detalhado (ou válido) para permitir ao analista ou tomador de decisão que ao usá-lo torne possível tomar as mesmas decisões que tomaria caso fosse possível experimentar fazê-lo no sistema real.

Um modelo *dinâmico* de simulação é a representação de um sistema que evolui ao longo do tempo, cujo comportamento não é passível de previsão sem a realização da

simulação. Um modelo estocástico de simulação contém uma ou mais variáveis aleatórias. Os dados obtidos a partir de um modelo estocástico também são aleatórios e, portanto, tem apenas a capacidade de estimar as reais características do modelo. O presente modelo de simulação é desta forma, dinâmico e estocástico.

Feitas estas considerações de ordem terminológica, como meio de verificar a aderência do simulador ao referencial teórico optou-se pelo teste 2^k fatorial, por ser o mais adequado para verificar o comportamento simultâneo de diversas variáveis do modelo (LAW e KELTON, 1982).

Neste teste são identificados os fatores (parâmetros de entrada) que podem influenciar a resposta (resultados) do modelo para desta forma se obter uma estimativa de como cada fator afeta a resposta, assim como se as interações entre os próprios fatores têm influência na resposta do sistema.

Através do teste 2^k fatorial, escolhem-se dois níveis de operação para cada fator e roda-se a simulação para cada 2^k combinações possíveis de níveis de fatores, onde k é o número de fatores cujos limites serão avaliados. Para cada valor associados a cada fator designa-se um limite máximo e um limite mínimo.

Os testes realizados visam verificar se o modelo adere à realidade que pretende simular, de acordo com a metodologia sugerida por Law (2006).

5.1 CRITÉRIOS PARA AJUSTES DOS PARÂMETROS DE ENTRADA

Posner (1993) afirma que maximização de *utilidade* é diferente de maximização de *riqueza*. A utilidade percebida por um agente em relação ao objeto de interesse tem a ver diretamente com suas experiências pessoais e suas expectativas de valor, que diferem substancialmente de uma pessoa para outra.

Assim, assume-se que o agente percebe utilidade em uma oportunidade quando a sua experiência diária reconhece valor que lhe será agregado, o que não necessariamente coincide com conceito de riqueza. Desta forma, para efeito do teste no modelo, a expectativa de ganho provável com o crime não estabelece proporção específica entre ganho provável com o delito e a renda calculada do agente-cidadão.

Utilizaram-se para os testes realizados distribuições normais com média μ e desvio-padrão σ . A escolha deveu-se à flexibilidade oferecida pela linguagem NetLogo 3.1.4 (WILENSKY, 1999) na manipulação destas distribuições de frequência o que facilitou que os dados aleatórios sem aproximassem o mais possível das características I.I.D.

Assumi-se, também, neste caso, em consonância com os objetivos do trabalho que o desvio-padrão σ das distribuições de frequência ficasse sempre próximo a 10% da média μ , justamente para manter a estabilidade dos testes. Testes posteriores, em simulação de cenários reais devem permitir o uso de distribuições de frequência mais irregulares em conformidade com o ambiente real que se pretende modelar.

O critério de escolha dos fatores variantes foi baseado na possibilidade de maior impacto nas respostas obtidas, para assim testar as hipóteses geralmente aceitas no referencial teórico utilizado, especialmente considerando a equação (1) (item 2.2, p.44) de que uma maior percepção de probabilidade de punição pelo agente diminui a taxa de crimes, assim como o aumento de renda agregada do agente provoca uma diminuição nas taxas de criminalidade.

A tabela 1 ilustra os parâmetros de contexto que alimentam o simulador. A escolha de distribuições normais de frequência foi arbitrária, conforme já referido. No entanto, revelou-se bastante apropriada para o teste.

Tabela 1 – Intervalo de valores para os fatores de teste de validação

INTERVALO DE VALORES PARA OS FATORES DE TESTE					
REF.	FATORES	dist.normal - max		dist.normal - min	
	agentes	σ	μ	σ	μ
F1	Qtde. Cidadãos	200		200	
F2	Taxa de crescimento cidadãos	0,002		0,002	
F3	Qtde.Policiais	30		5	
F4	Taxa Aumento Força Policial - %	0,001		0,001	
F5	Qtde.Oportunidades	30		30	
F6	Taxa de aumento de Oportunidades - aa.	0,01		0.01	
	utilidade				
F7	Valor Médio Oportunidade -	2.490,00	124	415,00	20
F10	Custo Médio da Justiça por habitante 2005	103,73	10	103,73	10
F16	Pena Média Monetária (multa)	1000	100	1000	100
F8	Renda Média Cidadão	2490	124	415	20
F9	Renda Média Policial	783,43	35	783,43	35
F18	Tributação Média Oportunidade (Spots)	30	3	30	3
F17	Tributação Média Cidadãos/Policiais	40	4	40	4
	criminais				
F14	Tempo Médio Prisão	30	3	0,5	0,05
F15	Tempo Médio de duração do Processo Penal	6	0,6	6	0,6
F11	Probabilidade Percebida de Punição - %	65	7	20	2
F12	Probabilidade Média de Conclusão Inquérito - %	50	5	50	5
F13	Probabilidade Média de Condenação - %	50	5	50	5

Fonte: Elaborado pelo autor.

Cinco fatores foram destacados, conforme se observa na Tabela 1. São aqueles cujos máximos e mínimos foram utilizados para validar o modelo. Desta forma, obtêm-se uma matriz de resultados com 32 linhas, pois $2^k = 2^5 = 32$, ilustrada através da tabela 2. Os fatores restantes tiveram seus valores fixos para todos os testes.

Com o objetivo e aproximar o modelo o máximo possível da realidade os fatores cujos valores assumiram limites máximo e mínimo foram os seguintes:

- F3 – Quantidade de Policiais: A força policial depende de iniciativas do Estado em sua política de segurança. Portanto, as características do contingente policial podem ser modificadas de acordo com as necessidades de determinada região;

Limites de variação para os testes de validação:

Mínimo: 05

Máximo: 30

- F7 – Valor médio da oportunidade: O modelo utiliza como agente-oportunidade veículos automotores, cuja utilidade pode ser expressa monetariamente.

Limites de variação para os testes de validação:

Mínimo: 415

Máximo: 2490

- F8 – Renda Média do Cidadão: usa-se também como referência múltiplo do salário mínimo (R\$ 415,00). É a soma de valores expressos monetariamente que compõe a renda do cidadão.

Limites de variação para os testes de validação:

Mínimo: 415

Máximo: 2490

- F11 – Probabilidade percebida de punição: é o valor empírico apurado em determinada região que reflete a percepção do cidadão em relação à capacidade do Estado de punir aquele que tenta infringir a lei.

Limites de variação para os testes de validação:

Mínimo: 20 %

Máximo: 65 %

- F14 - Tempo médio de prisão (anos): É o fator que depende também de política de Estado em relação à legislação criminal e deriva do conceito original da equação (1) (item 2.2, p.44).

Limites de variação para os testes de validação:

Mínimo: 0,5

Máximo: 30

Neste caso, utilizaram-se como limites de 0,5 ano de pena e de 30 anos de pena de aprisionamento, para testar a influência do fator do cometimento do crime, pois este compõe

o cálculo da desutilidade. Deve-se ressaltar, contudo, que o crime do Art. 155 do Código Penal, ao qual se refere o teste de validação realizado não prevê pena de aprisionamento de 30 anos, conforme utilizado.

No entanto, optou-se por testar a desutilidade com este limite máximo para não só validar o modelo, como também para verificar a importância deste fator no comportamento dos agentes em face de ter sido proposta originalmente na equação (1).

5.2 TESTES DE VERIFICAÇÃO DAS HIPÓTESES

A Tabela 2 contém os resultados dos testes de verificação. As colunas R1, R2, R3 e R4 contêm as seguintes informações:

R1: Total de crimes cometidos no período simulado.

R2: Taxa de crimes cometidos por hora.

R3: Custo do Crime (o custo do crime é apurado no momento do cometimento em sua integralidade. Portanto, usa-se o regime de caixa para apropriação e não o de competência).

R4: Arrecadação total apurada pelo Estado na execução pública da lei. A receita é apurada recolhendo os tributos legais, somada das multas coletadas quando da prisão do criminoso. A despesa, além de somar o dano do crime, apropria também o custo da estrutura da justiça, distribuída entre todos os cidadãos.

A tabela 2 ainda contém outras informações relevantes que podem ser usadas pelo analista para interpretar os resultados, como número de BO registrados e número de flagrantes ocorridos. A última coluna é o número de dias considerado para atingir a estabilidade do sistema.

Considerando os resultados obtidos obtêm-se assim as seguintes análises para as hipóteses levantadas:

Percebe-se que o modelo, nas condições colocadas pela Tabela 1, sofre grande influência do fator F11 (probabilidade de punição), consistente com o previsto na equação (1)

– item 2.2, p.44. Observa-se também que a variação isolada de um dos fatores é insuficiente para caracterizar o cenário devido à influência das outras variáveis, particularmente aquelas que se referem à desutilidade, como probabilidade de conclusão de inquérito, probabilidade de condenação, tempo médio de prisão e tempo médio do processo penal.

Ao se atribuir limites medianos à probabilidade de punição (F11), outros fatores passaram a ter influência também na tomada de decisão do agente, demonstrando que apenas um fator não consegue explicar o fenômeno, consistente com a abordagem sistêmica do fenômeno criminoso.

Por outro lado, a percepção elevada de punição não quer dizer necessariamente que o cidadão eventualmente vá desistir da conduta criminosa. Imagine-se o caso, por exemplo, de que em uma determinada região, em cada esquina, existe um policial prendendo em flagrante qualquer tentativa delitiva. Porém, logo a seguir, ao ser levado à autoridade policial, sabe-se que o acusado não será condenado em hipótese alguma, sendo logo liberado mediante pagamento de módica fiança, pois responderá ao processo em liberdade.

O agente, tendo esta informação por experiência, voltará a tentar cometer o delito, pois a mera intimidação do flagrante não irá impedi-lo, visto que nem a autoridade policial, nem o poder judiciário dão resposta capaz de conter a conduta do criminoso, ou seja, não existe certeza de *punição*, apenas de *captura*.

Esta situação ocorre, por exemplo, no teste de número 13, da Tabela 2, onde se verifica uma pequena ocorrência de crimes, para valores extremos de renda e *p*.

A simples diferença entre a renda do agente e o possível ganho com o valor do delito de valores maiores através do delito não é suficiente determinar os índices de criminalidade, pois a percepção de punição associada aos outros fatores de desutilidade intimida o provável infrator de forma a impedir a realização da conduta.

A renda média auferida pelo cidadão é determinante para o cometimento do crime. No entanto, deve ser considerada de forma ampla e não apenas como salário disponível em dinheiro, pois ambientes menos degradados, com boa estrutura social significam renda para os cidadãos, especialmente quando se tratam de serviços disponibilizados pelo poder público, como saúde e educação.

Comparando, por exemplo, as linhas 2 e 10 do teste verifica-se que para fatores iguais de entrada, porém com percepção de punição variando de 20% para 65%, as taxas de criminalidade por unidade de tempo foram respectivamente de 0,640 e 0,012.

Alternativamente, demonstrando que o fator individualmente considerando pode não ser suficiente para interpretar os resultados verifica-se entre as linhas 4 e 12 que houve pouca ou insignificante alteração nas taxas de criminalidade.

Uma provável explicação seria que o valor do ganho com o crime, substancialmente maior que a renda agregada do potencial criminoso é suficiente para influenciá-lo a cometer o delito, independentemente do percentual de p .

Os valores negativos obtidos na coluna de arrecadação são explicados pela forma como os recursos são apropriados, pois enquanto os tributos são arrecadados em percentual por unidade de tempo, em função da renda ou valor objeto da tributação, o crime cometido apropria integralmente o prejuízo no ato da ocorrência, não podendo ser dividido ao longo do tempo.

Pelo modelo de Shavell e Polinsky (2000) a estrutura de custos e receitas diz respeito exclusivamente à aplicação da lei, considerando todas as suas variantes.

Por outro lado, o Estado tem múltiplas funções cujos custos não estão contabilizados, especialmente os gastos com infra-estrutura, educação, saúde, etc., que consomem expressivo numerário.

Estes gastos impactam no fenômeno criminoso, conforme observam várias escolas de pensamento que atribuem aos investimentos sociais e à situação da ecologia humana presente no ambiente grande responsabilidade pelo cometimento do crime (VIAPIANA, 2006 e TANGERINO, 2007).

Portanto, as curvas de arrecadação e custos do crime são consistentes com o modelo adotado, sendo deficitária ou superavitária conforme a situação simulada.

Vale ressaltar que o modelo proposto prevê a adequação da estrutura de custos, pois permite que os agentes se desdobrem em quantos subagentes se fizerem necessários, reavaliando assim a relação receita x despesa.

Os testes revelam que a utilização de apenas uma variável como fator de impacto pode levar a conclusões equivocadas. As simulações demonstram que a mera percepção de punição, deve ser complementada com avaliação de desutilidade relativa aos vários outros parâmetros, criando um contexto mais completo de análise da forma de conduta do agente criminoso.

Tabela 2 – Tabela de testes de verificação

MATRIZ DE TESTE

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	R1	R2	R3				
teste	QTRCB	TACRCEB	QTRDCEB	TACRDEB	QTRDCEB	QTRDCEB	TACRCEB	QTRDCEB	QTRDCEB	QTRDCEB	QTRDCEB	QTRDCEB	QTRDCEB	QTRDCEB	QTRDCEB	QTRDCEB	QTRDCEB	QTRDCEB	QTRDCEB	QTRDCEB	QTRDCEB				
1	20	0.002	5	0.001	3	0.01	415.00	783.45	105.73	20.00	50.00	30.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	1125	11	0	0.024	466.590,27	-375.985,34	74
2	20	0.002	30	0.001	3	0.01	415.00	783.45	105.73	20.00	50.00	30.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	1138	60	6	0.640	472.574,53	-535.666,07	73
3	20	0.002	5	0.001	3	0.01	2490.00	415.00	783.45	105.73	20.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	1047	12	0	0.617	2.605.037,67	-2.474.080,41	70
4	20	0.002	30	0.001	3	0.01	2490.00	415.00	783.45	105.73	20.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	1040	58	7	0.612	2.395.126,31	-2.438.012,38	71
5	20	0.002	5	0.001	3	0.01	415.00	2490.00	783.45	105.73	20.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	840	11	5	0.502	349.574,06	146.899,91	73
6	20	0.002	30	0.001	3	0.01	415.00	2490.00	783.45	105.73	20.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	357	40	4	0.413	148.492,68	345.961,10	70
7	20	0.002	5	0.001	3	0.01	2490.00	415.00	783.45	105.73	20.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	1117	11	1	0.654	2.777.806,46	-2.244.513,51	71
8	20	0.002	30	0.001	3	0.01	2490.00	415.00	783.45	105.73	20.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	1060	57	6	0.567	2.642.462,12	-2.044.338,20	77
9	20	0.002	5	0.001	3	0.01	415.00	783.45	105.73	65.00	50.00	30.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	19	0	0	0.013	8.161,65	81.160,08	72
10	20	0.002	30	0.001	3	0.01	415.00	783.45	105.73	65.00	50.00	30.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	18	3	0	0.012	7.584,76	99.553,41	71
11	20	0.002	5	0.001	3	0.01	2490.00	415.00	783.45	105.73	65.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	999	11	3	0.588	2.484.265,08	-2.389.669,47	71
12	20	0.002	30	0.001	3	0.01	2490.00	415.00	783.45	105.73	65.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	1099	47	7	0.645	2.733.733,06	-2.573.275,20	71
13	20	0.002	5	0.001	3	0.01	415.00	2490.00	783.45	105.73	65.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	10	0	0	0.006	4.289,38	481.656,82	71
14	20	0.002	30	0.001	3	0.01	415.00	2490.00	783.45	105.73	65.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	17	1	0	0.011	7.103,07	309.831,01	71
15	20	0.002	5	0.001	3	0.01	2490.00	415.00	783.45	105.73	65.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	1075	13	1	0.629	2.691.332,37	-2.154.265,11	71
16	20	0.002	30	0.001	3	0.01	2490.00	415.00	783.45	105.73	65.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	780	62	4	0.428	1.877.483,11	-1.233.932,10	80
17	20	0.002	5	0.001	3	0.01	415.00	783.45	105.73	20.00	50.00	30.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	286	5	0	0.230	119.633,19	-27.883,30	73
18	20	0.002	30	0.001	3	0.01	415.00	783.45	105.73	20.00	50.00	30.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	153	9	1	0.438	63.470,70	10.406,37	49
19	20	0.002	5	0.001	3	0.01	2490.00	415.00	783.45	105.73	20.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	1139	13	2	0.649	2.834.307,82	-2.694.883,17	73
20	20	0.002	30	0.001	3	0.01	2490.00	415.00	783.45	105.73	20.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	438	41	3	0.555	1.141.001,07	-1.002.842,20	63
21	20	0.002	5	0.001	3	0.01	415.00	2490.00	783.45	105.73	20.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	5	0	0	0.003	2.160,96	324.897,55	76
22	20	0.002	30	0.001	3	0.01	415.00	2490.00	783.45	105.73	20.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	4	0	0	0.003	1.712,99	300.510,09	70
23	20	0.002	5	0.001	3	0.01	2490.00	415.00	783.45	105.73	20.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	390	6	1	0.496	1.472.390,20	-940.169,40	71
24	20	0.002	30	0.001	3	0.01	2490.00	415.00	783.45	105.73	20.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	177	19	1	0.400	439.454,33	104.953,39	70
25	20	0.002	5	0.001	3	0.01	415.00	783.45	105.73	65.00	50.00	30.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	0	0	0	0.000	0.00	88.932,97	71
26	20	0.002	30	0.001	3	0.01	415.00	783.45	105.73	65.00	50.00	30.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	0	0	0	0.000	0.00	105.614,93	71
27	20	0.002	5	0.001	3	0.01	2490.00	415.00	783.45	105.73	65.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	955	10	0	0.561	2.383.927,81	-2.253.713,05	71
28	20	0.002	30	0.001	3	0.01	2490.00	415.00	783.45	105.73	65.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	190	20	1	0.263	472.286,34	-322.396,22	71
29	20	0.002	5	0.001	3	0.01	415.00	2490.00	783.45	105.73	65.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	0	0	0	0.000	0.00	307.734,32	71
30	20	0.002	30	0.001	3	0.01	415.00	2490.00	783.45	105.73	65.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	0	0	0	0.000	0.00	399.386,53	56
31	20	0.002	5	0.001	3	0.01	2490.00	415.00	783.45	105.73	65.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	115	2	0	0.077	288.888,11	242.299,07	71
32	20	0.002	30	0.001	3	0.01	2490.00	415.00	783.45	105.73	65.00	50.00	30.00	30.00	6.00	1000.00	37.00	30.00	49	112	0	0.196	124.301,11	420.889,41	71

Fonte: Elaborado pelo autor.

6 EXPERIMENTOS COMPUTACIONAIS DE VALIDAÇÃO

Para a realização dos testes de validação foram utilizados essencialmente os mesmos parâmetros de entrada dos testes de validação com algumas alterações, realizadas com o objetivo de estudar fenômenos emergentes de maior interesse.

Neste sentido, a tabela 3 abaixo ilustra os valores das variáveis de entrada.

Tabela 3 - Fatores de input para testes de simulação

FATORES DE INPUT PARA TESTES DE SIMULAÇÃO		
FATORES	valores	
agentes		
Qtde. Cidadãos	200	-
Taxa de crescimento cidadãos (a.a.)	0,002	-
Qtde. Policiais	5	-
Taxa Aumento Força Policial (a.a.)	0,001	-
Qtde. Oportunidades	30	-
Taxa de aumento de Oportunidades (a.a.)	0,01	-
dist.normal		
utilidade	σ	μ
Valor Médio Oportunidade	1.500,00	150
Custo Médio da Justiça por habitante	103,73	10
Pena Média Monetária (multa)	1.000,00	100
Renda Média Cidadão	var. teste	var. teste
Renda Média Policial	783,43	35
Tributação Média Oportunidade (%)	30	3
Tributação Média Cidadãos/Policiais (%)	40	4
criminais		
Tempo Médio Prisão (anos)	5	0,5
Tempo Médio de duração do Processo Penal (anos)	6	0,6
Probabilidade Percebida de Punição (%)	var. teste	var. teste
Probabilidade Média de Conclusão Inquérito (%)	50	5
Probabilidade Média de Condenação (%)	50	5
taxa de aprendizado por BO	0,25	-
taxa de aprendizado por flagrante / condenação	0,35	-

As variáveis “Renda Média do Cidadão” e “Probabilidade Percebida de Punição (p)” foram alteradas ao longo dos experimentos para verificação do comportamento emergente.

Os outros parâmetros de entrada permaneceram fixos em todos os experimentos, conforme valores ilustrados na tabela 3.

Foram realizados 15 testes de simulação para cada percentual de probabilidade de punição compreendidos nas faixas de 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 %, para três níveis de renda: R\$ 415,00, R\$ 1.250,00 e R\$ 4.150,00.

Os testes foram realizados para um período de simulação equivalente a um (01) ano, cuja duração média no teste computacional é de 10 minutos. O equipamento utilizado foi um AMD Athlon XP 1800, 1,53 Ghz.

Cada teste de simulação forneceu um grupo de respostas ilustradas na tabela 4 abaixo:

Tabela 4 - Respostas do Simulador

RESPOSTAS DO SIMULADOR
tempo de simulação - t
taxa de crimes / t
total de crimes cometidos
receitas totais obtidas com tributos e multas
custo total dos crimes cometidos
taxa de reincidência do crime
variação percentual receita / custo
número de BO registrados
total de flagrantes de crime registrados
custo do crime / t
total acumulado taxa aprendizado por BO
total acumulado taxa aprendizado por flagrante/condenação
curva de ganho-crime com/sem risk aversion

Os testes procuraram verificar o comportamento das respostas através da relação *taxas de crimes x renda x p*.

6.1 OBJETIVOS DO EXPERIMENTO

Os experimentos de simulação procuraram validar de forma mais consistente as seguintes hipóteses já preliminarmente analisadas nos testes de verificação:

H1) *A maior percepção de probabilidade de punição p pelos agentes diminui a taxa de crimes por unidade de tempo.*

H2: *O aumento de renda agregada dos agentes é inversamente proporcional a taxa de crimes por unidade de tempo.*

O objetivo específico da simulação é validar a aceitação ou rejeição das hipóteses H1 e H2 em relação ao crime previsto no artigo 155 do Código Penal e seus parágrafos, considerando as premissas do referencial teórico utilizado (BECKER, 1968):

Art. 155 - Subtrair, para si ou para outrem, coisa alheia móvel:
Pena - reclusão, de 1 (um) a 4 (quatro) anos, e multa.

(Decreto-Lei n.º 2.848, de 7 de dezembro de 1940)

O escopo dos parâmetros de entrada do modelo foi limitado exclusivamente a este crime, conforme definido no item 4.2.1 (p.77).

Para verificar o comportamento emergente resultante, faz-se necessário mencionar que ao selecionar os parâmetros de entrada do simulador, diversos aspectos específicos relativos a este tipo penal foram desconsiderados.

A ressalva é importante porque a conduta criminosa, conforme já extensamente mencionado é complexa, admitindo múltiplos fatores impactantes.

Do ponto de vista estritamente jurídico, este tipo de crime pode ser cometido de forma singular, sob “concurso de crimes” ou sob “concurso de pessoas”. Cada uma das figuras jurídicas implica em fatores distintos de entrada da simulação, que fogem ao escopo deste trabalho.

Basta mencionar que para os testes realizados estas variantes não foram consideradas separadamente e sim apenas como cometimento do delito individualmente considerado.

Ainda, conforme demonstra a tabela 4, um dos resultados obtidos se refere aos valores de receitas e custos realizados no período de simulação.

O modelo receita x custo segue o referencial teórico de Shavell e Polinsky (2000).

As receitas são apropriadas na proporção *pro rata* de cada ciclo de execução, no percentual aproximado (conforme distribuição de frequência normal) de tributação para pessoas e, no caso do teste, para a propriedade (de veículos) prevista na lei. Apenas para exemplificação, estes percentuais são distintos para cada uma destas situações mencionadas.

Assim, contabilmente, os tributos são apropriados pelo modelo pelo regime de competência.

Além dos tributos arrecadados, o estado se apropria das multas (penas pecuniárias) que o condenado criminoso deve pagar por cometer o delito. Esta receita é apropriada pelo modelo assumindo que após cada flagrante o criminoso é condenado a pagar a multa, gerada também através de distribuição normal de frequência.

Os custos se dividem em custo total do crime cometido e custo da máquina judiciária do estado rateada entre todos os cidadãos que compõem o ambiente. O custo do crime é apropriado integralmente pelo modelo no ato de cometimento, pois o prejuízo que a vítima sofre não pode ser diferido ao longo do tempo, sendo irrelevantes para os testes as formas usadas pelas vítimas para recuperar os valores do dano.

Neste sentido, contabilmente, o custo do crime é apropriado pelo regime de caixa, diferindo, portanto, da arrecadação de tributos.

Também o modelo considera que, independentemente do tempo em que ocorre, o veículo furtado é substituído no ambiente. A taxa de crescimento da frota não é impactada por esta substituição, mantendo o equilíbrio dinâmico que ocorre em ambiente real.

Os testes de simulação ilustrados nas tabelas 4, 5 e 6 geram, portanto as médias obtidas para a taxa de crimes por unidade de tempo como função da renda do cidadão e da probabilidade de punição.

Tabela 5 – Testes de simulação para renda R\$ 415,00

teste 415																				
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	x	S(x)	h	x-max	x-min
P	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR					
20	0,35	0,29	0,30	0,32	0,42	0,40	0,42	0,47	0,39	0,32	0,32	0,32	0,37	0,32	0,40	0,36	0,054	0,115	0,48	0,25
30	0,34	0,36	0,32	0,29	0,37	0,24	0,34	0,39	0,38	0,30	0,41	0,44	0,34	0,31	0,27	0,34	0,054	0,116	0,46	0,22
40	0,30	0,24	0,25	0,25	0,20	0,24	0,23	0,22	0,29	0,25	0,25	0,27	0,22	0,34	0,29	0,26	0,036	0,078	0,33	0,18
50	0,23	0,22	0,25	0,18	0,20	0,21	0,22	0,27	0,21	0,28	0,22	0,31	0,22	0,18	0,18	0,22	0,031	0,066	0,29	0,15
60	0,18	0,19	0,23	0,22	0,18	0,19	0,24	0,21	0,18	0,21	0,20	0,20	0,22	0,17	0,29	0,21	0,031	0,066	0,27	0,14
70	0,20	0,15	0,17	0,19	0,18	0,18	0,16	0,17	0,20	0,18	0,17	0,17	0,18	0,18	0,19	0,18	0,014	0,029	0,21	0,15
80	0,14	0,16	0,18	0,20	0,16	0,17	0,15	0,17	0,16	0,19	0,14	0,15	0,14	0,16	0,18	0,16	0,018	0,039	0,20	0,12

Tabela 6 – Testes de simulação para renda R\$ 1.250,00

teste 1245																				
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	x	S(x)	h	x-max	x-min
P	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR					
20	0,29	0,20	0,22	0,23	0,27	0,24	0,22	0,20	0,23	0,25	0,24	0,22	0,23	0,21	0,18	0,23	0,028	0,060	0,29	0,17
30	0,18	0,15	0,17	0,17	0,23	0,19	0,20	0,18	0,22	0,20	0,19	0,18	0,16	0,19	0,18	0,19	0,021	0,045	0,23	0,14
40	0,14	0,14	0,18	0,16	0,16	0,18	0,18	0,17	0,21	0,20	0,19	0,18	0,18	0,19	0,17	0,18	0,020	0,042	0,22	0,13
50	0,15	0,12	0,14	0,16	0,13	0,17	0,17	0,16	0,16	0,17	0,15	0,16	0,15	0,15	0,14	0,15	0,015	0,032	0,18	0,12
60	0,12	0,15	0,14	0,15	0,13	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15	0,14	0,13	0,14	0,009	0,020	0,16	0,12
70	0,12	0,12	0,13	0,14	0,12	0,14	0,15	0,12	0,13	0,12	0,11	0,16	0,12	0,11	0,12	0,13	0,014	0,031	0,16	0,10
80	0,11	0,16	0,13	0,10	0,11	0,12	0,11	0,10	0,11	0,12	0,11	0,09	0,11	0,09	0,08	0,11	0,019	0,041	0,15	0,07

Tabela 7 – Testes de simulação para renda R\$ 4.150,00

teste 4150																				
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	x	S(x)	h	x-max	x-min
P	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR	TX.CR					
20	0,15	0,16	0,17	0,19	0,18	0,13	0,12	0,16	0,18	0,19	0,14	0,11	0,15	0,12	0,17	0,15	0,026	0,056	0,21	0,10
30	0,11	0,16	0,15	0,14	0,16	0,16	0,15	0,15	0,13	0,12	0,14	0,16	0,12	0,15	0,16	0,14	0,017	0,036	0,18	0,11
40	0,11	0,14	0,11	0,12	0,11	0,13	0,11	0,12	0,13	0,13	0,11	0,13	0,12	0,15	0,13	0,12	0,012	0,026	0,15	0,10
50	0,11	0,12	0,10	0,11	0,10	0,12	0,11	0,12	0,10	0,11	0,11	0,10	0,09	0,10	0,11	0,11	0,009	0,019	0,13	0,09
60	0,09	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,11	0,09	0,10	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,009	0,019	0,11	0,07
70	0,08	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,08	0,07	0,006	0,014	0,09	0,06
80	0,08	0,05	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,07	0,06	0,05	0,06	0,05	0,06	0,010	0,021	0,09	0,04

Nos experimentos de simulação realizados duas variáveis de contexto, portanto, foram alteradas para verificação do comportamento emergente, a renda do cidadão e a probabilidade de punição. As outras variáveis de contexto que alimentam os dados de entrada do simulador permaneceram constantes conforme os limites colocados na tabela 3

6.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos permitem concluir que o aumento da probabilidade de punição indica uma tendência de diminuição da taxa de crimes, validando, portanto, as premissas teóricas utilizadas.

Da mesma forma, o aumento da renda do cidadão indica uma tendência de diminuição da taxa de crimes.

A combinação dos comportamentos conjuntos do aumento de probabilidade de punição com aumento de renda agregada do cidadão em relação à taxa de crimes está expresso nos gráficos 7 e 8, que ilustra as curvas obtidas através dos valores médios de cada experimento, conforme registrado nas tabelas 3, 4 e 5.

Ainda que os valores médios indiquem uma queda na taxa de crimes, o experimento não se revela conclusivo a respeito da proporção em que o fenômeno se dá, pois os intervalos de confiança obtidos para o experimento são insuficientes para permitir conclusões mais precisas a este respeito.

O intervalo de confiança (ANEXO H) está relacionado, entre outros fatores, com o tamanho da amostra disponível, no caso, o número de replicações realizadas para cada simulação.

As médias obtidas para cada simulação demonstram uma tendência de diminuição das taxas de criminalidades, confirmadas pelas taxas de correlação entre probabilidade média de punição e taxa de crimes resultante, obtidas para cada valor de renda em cada seqüência de experimentos.

Os índices de correlação respectivamente para R\$ 415,00 R\$1.250,00 e R\$ 4.150,00 relativamente à taxa de crimes resultante em cada experimento são: (- 0,964), (- 0,978) e (- 0,997), demonstrando a aderência dos resultados ao modelo teórico.

A análise individual de cada faixa de renda, considerando o intervalo de confiança calculado permite concluir que a probabilidade de punição somente tem seus efeitos efetivamente percebidos, quando salta de um percentual de 20% para 70%, pelo menos.

Para a renda de R\$ 1.250, 00 as taxas têm queda acentuada somente a partir de 60%.

Para a renda de R\$ 4.150,00 somente quando a probabilidade de punição atinge o nível de pelo menos 70%.

Entre outras faixas existe tendência de diminuição, embora bem menos pronunciada, pois os intervalos de confiança se sobrepõem, conforme se verifica nos gráficos 2, 4 e 6.

Em relação à comparação entre as faixas de renda umas com as outras a sobreposição de intervalos de confiança para os valores obtidos se repete, indicando que o intervalo de confiança obtido para o experimento se revelou insuficiente para permitir uma maior precisão.

Deve-se também considerar que existe a possibilidade do erro ser originário da variabilidade da própria amostra, fruto das escolhas do analista em relação às médias e particularmente aos desvios-padrão atribuídos às distribuições de frequência de entrada do simulador.

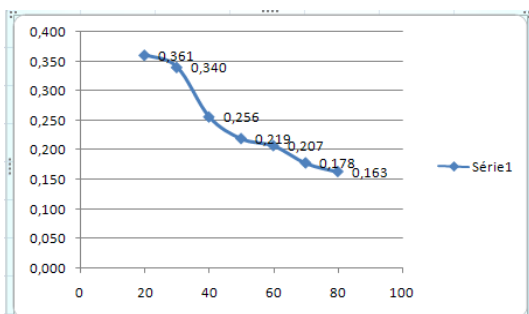


Gráfico 1 – taxa média de crimes x p (415)

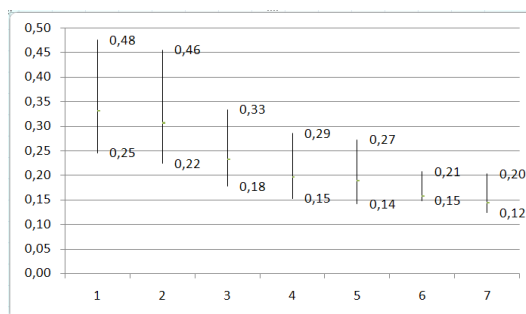


Gráfico 2 – intervalo de confiança x p (415)¹

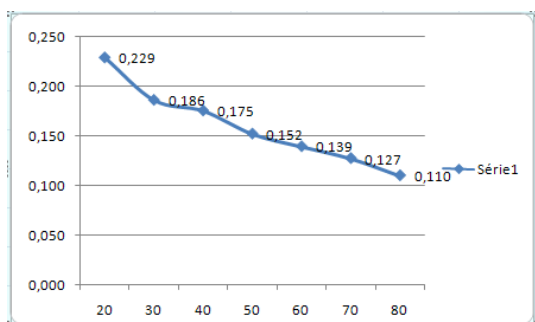


Gráfico 3 – taxa média de crimes x p (1.250)

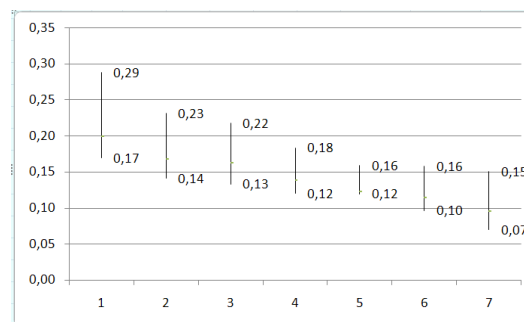
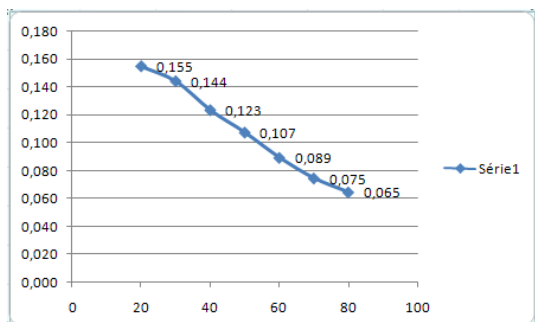
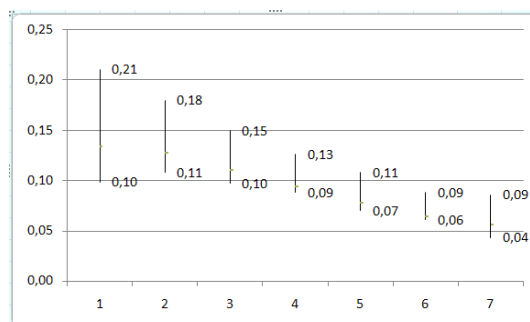
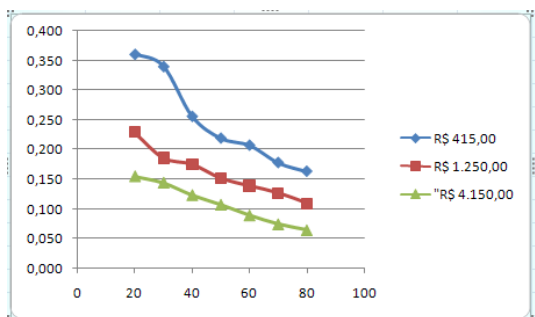
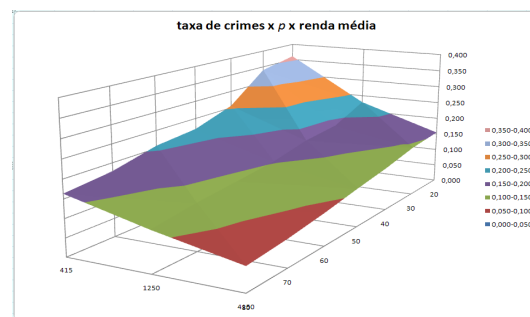


Gráfico 4 – intervalo de confiança x p (1.250)¹

¹ Os intervalos de 1 a 7 correspondem respectivamente aos valores de 20% a 80% de p (nota do autor)

Gráfico 5 – taxa média de crimes x p (4.150)Gráfico 6 – intervalo de confiança x p (4.150)¹Gráfico 7 – taxa média de crimes x p (415, 1.250 e 4.150)Gráfico 8 – Taxa de crimes x p x renda média - 3D

Ainda que os intervalos de confiança utilizados não tenham gerado resultados mais precisos, é possível afirmar que existe correlação inversamente proporcional entre a taxa de crimes e a probabilidade de punição e os níveis de renda dos cidadãos, consistente com o referencial teórico formalizado na equação (1) (item 2.2, p.44).

Desta forma, as hipóteses propostas H1 e H2, foram aceitas pelo experimento. Assim, é possível afirmar que o simulador validou os resultados previstos nos referenciais teóricos utilizados

7 CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

O projeto de um modelo baseado em agentes para estudo das propriedades emergentes decorrentes da aplicação da lei penal originou-se da percepção que um novo enfoque acerca do estudo da criminalidade não só é possível, como desejável. A importância de um estudo desta natureza está na própria condição social do País, acossado com índices crescentes de criminalidade, corrupção endêmica incrustada em setores estratégicos da estrutura do Estado e toda sorte e percepção de completa impunidade sobre os crimes cometidos.

Aliado a uma crescente carga tributária que suga recursos dos meios produtivos da sociedade com retornos medíocres em termos de serviços, revela-se um cenário pouco

animador desde uma perspectiva da administração pública, especialmente enquanto gerenciador dos recursos públicos e detentor do monopólio da lei.

As recentes tentativas de combate à criminalidade demonstram que mudanças no texto da lei, baseadas apenas no clamor dos eventos diários tem resultados pífios no conjunto da sociedade. De fato, a administração pública precisa menos de lei e mais de administração. Significa dizer que quaisquer mudanças exigem estudo, pesquisa e planejamento anteriores, para que seja possível fundamentar em informações concretas as medidas a serem tomadas.

O modelo proposto permite estudar o fenômeno criminoso sob diversos ângulos, agregando várias teorias criminológicas consagradas, permitindo ainda quaisquer outras teorias sejam adaptadas, desde que corretamente parametrizadas. A análise da execução pública da lei, proposta por Shavell e Polinsky (2000), permite um amplo espectro de estudos de cenários, especialmente em termos de administração da justiça, seus custos globais, sua eficácia e sua eficiência. Particularmente por permitir que seja adequado a qualquer ambiente de simulação, dadas as suas características intrínsecas, o modelo se mostra uma alternativa viável de estudar cenários criminosos e propor alternativas de combate de forma objetiva, baseada exclusivamente nos dados coletados, abstraindo qualquer subjetividade do observador.

Outro aspecto importante que deve ser destacado é o fato do modelo permitir analisar a eficiência da justiça brasileira em termos numéricos e propor cenários de longo prazo. O modelo *cidadão-oportunidade-estado-ambiente* ao analisar o crime a partir de parâmetros simultâneos possibilita responder as seguintes indagações:

- As sentenças emitidas pelos tribunais efetivamente contribuem para o combate ao crime?
- Aumentar o tempo de aprisionamento de certos crimes contribui para a diminuição de sua ocorrência?
- Qual o custo ótimo da justiça brasileira, face aos serviços que presta?
- Aumentar o policiamento ostensivo em uma região implica em redução de crimes? Quais crimes?
- A distribuição de renda tem efeito em quais crimes? Por quê?
- Qual a função de uma lei que não coíbe o crime a que se propõe?

- Qual a tendência de custos e arrecadação para a sociedade em termos de criminalidade?
- As punições devem ser baseadas em aprisionamento ou multas monetárias ou sempre uma combinação das duas? Esta relação é permanente para qualquer crime, ou depende do tipo de crime.
- Quais elementos de comportamento dos agentes devem ser enfatizados para que impacte nos índices de criminalidade?
- O perfil de criminalidade é o mesmo para todas as regiões? Quais referenciais são mais adequados? Para quais crimes? Quais destes crimes têm maior impacto social? E econômico?

7.1 ESTUDOS SOBRE COMPORTAMENTO DOS AGENTES

O modelo proposto está fundado na escolha racional dos agentes. No entanto, esta fundamentação teórica pode se revelar insuficiente para explicar o fenômeno. Conforme já visto anteriormente outros fatores condicionantes do comportamento humano podem estar presentes no ato de cometimento do crime e que de alguma forma alterem os resultados esperados, ou melhor dizendo, as propriedades emergentes.

Os testes de validação juntamente com os experimentos realizados demonstram que a interpretação do comportamento dos agentes deve ser feita tomando-se em conta todos os parâmetros simultaneamente.

7.2 ALTERNATIVAS PARA ATUAÇÃO DO ESTADO

A atuação do Estado é de vital importância na vida em sociedade. Seu alcance é praticamente ilimitado, podendo impactar as condições de vida de uma população muito rapidamente.

Esta atuação, no entanto, não pode ser igual em todas as situações. Conforme o modelo demonstra, determinadas modalidades de crimes são resultado de um conjunto de causas, enquanto outros fundamentalmente ocorrem por razões distintas.

Crimes de violência doméstica e tráfico de drogas podem ser aderentes, por exemplo, aos ensinamentos da Escola de Chicago (TANGERINO, 2007), sendo menos relevante o fator renda pessoal e muito mais o fator “degradação urbana”, proposto por esta Escola.

Por outro lado, crimes de corrupção e contra a administração pública, certamente serão mais bem modelados na linha proposta pela equação (1) (item 2.2, p.44) e pela teoria das oportunidades de Clarke (1995), pois as evidências indicam que um grande motivador para este delito é a impunidade dos delinquentes, o que seria revelado, particularmente nos parâmetros de desutilidade do modelo e da aversão ao risco. Dito de outra forma, o modelo permite dizer que aumentar a pena pura e simplesmente para determinados crimes não terá o efeito desejado.

Em outros casos, diminuir as possibilidades de cometimento do crime, conforme manifesta Clarke (1995), aumentando a segurança dos potenciais alvos e, além disso, aumentando a desutilidade da punição, através da certeza do encarceramento (mudança no processo penal), certamente trariam maiores efeitos.

Assim sendo, como instrumento de política criminal, o modelo *cidadão-oportunidade-estado-ambiente* pode se revelar uma alternativa viável de enfrentamento das conseqüências do descumprimento da lei, não só em termos de eficácia, como principalmente em termos de eficiência.

Adicionalmente, pode oferecer alternativa viável de estudo de diversas modalidades de crime que se revelem de difícil enfrentamento através de métodos analíticos tradicionais.

Finalmente, o modelo analisa a relação custo-benefício das iniciativas públicas em relação à execução da lei, demonstrando o custo da criminalidade e o prejuízo que causa ao conjunto da sociedade, mesmo que a arrecadação de tributos seja elevada e constante.

Os resultados obtidos demonstram o potencial do modelo para estudos mais aprofundados em relação aos efeitos da aplicação da lei penal na sociedade.

8 REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. L.; SELEME, A., RODRIGUES, L.H.; SOUTO, R., **Pensamento Sistêmico – Caderno de Campo**, Bookman, 2006.
- AXELROD, R.; Agent-Based Modeling as a Bridge Between Disciplines, in Kenneth L. Judd and Leigh Tesfatsion (Eds.), **Handbook of Computational Economics: Agent-Based Computational Economics**, v.2, Handbooks in Economics Series, North-Holland, 2005.
disponível em: http://www-personal.umich.edu/~axe/research/ABM_Perspectives.pdf. Acesso em 13 out. 2007.
- AXELROD, R. and HAMMOND, R. The Evolution of Ethnocentrism. **Journal of Conflict Resolution**, v.50, 2006, pp.926.
- AXELROD, R. **The Evolution of Cooperation**. New York: Basic Books, 1984.
- AXELROD, R. **The Complexity of Cooperation** : Agent Based Models of Competition and Collaboration. Princeton University Press, 1997.
- AXTELL, R.; EPSTEIN, J.M. **Growing Artificial Societies: Social Sciences from the Bottom Up**, The MIT Press, 1996.
- BARGH, J.A.; CHEN. M., BURROWS, L. Automaticity of Social Behavior Direct Effects of Trait Construct and Stereotype Activation os Action. **Journal of Personality and social Psychology**, n.2, v.71, 1996.
- BARGH, J.A.; CHARTRAND,T.L. The Chameleon Effect:The Perception-Behavior link and Social Interaction. **Journal of Personality and Social Psychology**, n.6, v.76, 1999.
- BARONE, D. (Org.). **Sociedades Artificiais: A Nova Fronteira da Inteligência nas Máquinas**. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- BECKER, G. Crime and punishment: An economic Approach; **Journal of Political Economy**, n.2 ,v.76, 1968, pp. 169-217.
- BRENNER, G. **A Racionalidade econômica do comportamento criminoso perante a ação de incentivos**. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Econômicas, PPGE/UFRGS, 2001.
- BLUMSTEIN, A. Crime Modeling. **Operations Research**, n.1, v.50, 2002, pp. 16-24.
- BONFIM, E.M. **Processo Penal 2: Dos Procedimentos aos Recursos**. São Paulo: Saraiva, 2007. 3.ed.
- BORDINI, R.H.;VIEIRA, R.; MOREIRA, A.F. Fundamentos de sistemas Multiagentes; Anais do XXI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, v.2, Ed. Sociedade Brasileira de Computação, 2001.
- BRATMAN, M.E. **Intention, Plans, and Practical Reason**. CSLI Publications, 1999.

BRATMAN, M.E. *et al* Plans and resource-bounded practical reasoning; **Computational Intelligence** v.4, n.3, 1988, pp. 349-355.

CALDAS, G. J. **O Postulado da Racionalidade em Economia**: Seu Significado e suas Limitações; Programa Especial de Treinamento – PET; Departamento de Economia – ECO, UnB, 2003. Disponível em:

http://www.unb.br/face/eco/peteco/dload/monos_012003/Gustavo.PDF. Acesso em 10 dez.2007.

CASTELFRANCHI, C., BINMORE, K, DORAN, J, WOOLDRIDGE,M. Rationality in Multi-Agent Systems, **The Knowledge Engineering Review**, v.13,n.3, 1998, pp. 309-314

CASTELFRANCHI, C. The Theory of Social Functions: Challenges for computational social science and multi-agent learning. **Journal of Cognitive Systems Research**, v.2, n.1, 2001, pp. 5 – 38.

CLARKE, R. V. Situational Crime Prevention, **Crime and Justice**, Building a Safer Society: Strategic Approaches to Crime Prevention. v.19, 1995, pp. 91-150.

COHEN, L. E.; FELSON, M., Social Change and Crime Rate Trends: A Routine Activity Approach, **American Sociological Review**, V.44, n. 4, 1979, pp. 588-608.

CONJUR. **Consultor Jurídico – Revista Eletrônica de Direito e Justiça**. Disponível em: <http://conjur.estadao.com.br/static/text/25981,1#null>. Acesso em: 12 nov. 2007.

CF/88. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constitui%C3%A7ao.htm. Acesso em: 11 fev. 2008.

DALLARI, D. A.; **Elementos de Teoria Geral do Estado**. São Paulo: Saraiva, 1995, 19 ed.

EIDE, E. Economics of Criminal Behavior (1999), **Encyclopedia of Law and Economics**. Disponível em: <http://encyclo.findlaw.com/tablebib.html>. Acesso em: 12 nov. 2007.

EHRlich, I. The Deterrent Effect of Criminal Law Enforcement .**The Journal of Legal Studies**, v.1, n. 2, 1972, pp. 259-276.

EHRlich, I.; POSNER, R. An Economic Analysis of Legal Rulemaking. **The Journal of Legal Studies**, v.3, n.1, 1974, pp. 257-286.

EDMONDS, B. Modelling Socially Intelligent Agents. **Applied Artificial Intelligence**, v.12, n.7, 1998, pp. 677–699.

FRENCH, S. **Decision Theory: An Introduction to the Mathematics of rationality**. New York, NY, USA, Horwood Ed.1986

- GAROUPA, N., **Crime and Punishment**: Further results. Wps, Universitat Pompeu Fabra Economics, n.344 , 1998. Disponível em:
http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=145756. Acesso em: 10 set. 2007.
- GAROUPA, N. Optimal Law Enforcement and Criminal Organization. **Journal of Economics, Behavior & Organizations**, v. 63, 2007, p.461-474.
- GELLER, A. B. **Neighborhood Disorder and Crime**: An Analysis of Broken Windows in New York City, 2007. Wps. Disponível em SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1079879>. Acesso em: 10 dez. 2007.
- GILBERT, N.; TROITZCH, K. G. **Simulation for the Social Scientist**. Open University Press, 1999.
- GOYOS J.R.; D.N.; **Dicionário Jurídico**, Rio de Janeiro, Observador Legal, 2006. 6 ed.
- GORDON, M. B; IGLEISAS, J. R.; SEMESHENKO, Viktoriya; NADAL,J.P; Crime and Punishment: the economic burden of impunity (not published) **The European Physical Journal B**, submitted on 19 Oct. 2007.
- GROFF, E.R. Simulation for Theory Testing and Experimentation: An Example Using Routine Activity Theory and Street Robbery; **Journal of Quantitative Criminology**, v.23, 2007, pp.75–103.
- GROSSMAN, G. M.; KATZ, M. L. Plea Bargaining and Social Welfare; **The American Economic Review**, v.73, n.4., 1983, pp. 749-757.
- HAIR, J.F.Jr; BABIN,B.; MONEY, A.H.; SAMOUEL,P. **Fundamentos de Métodos de Pesquisa em Administração**, Porto Alegre, Bookman, 2006.
- HEYLIGHEN, F. Complexity and Self-organization; **Encyclopedia of Library and Information Sciences**, Marcia J. Bates and Mary Niles Maack org., Taylor & Francis, 2008.
- JENNINGS, N. R. *et al* A Roadmap of Agent Research and Development in Autonomous **Agents and Multi-Agent Systems**, v.1, 1998, pp.7–38.
- JESUS, D.E. **Direito Penal**, Parte Geral, São Paulo, Saraiva, v.1. 1995, 19 ed.
- KAHNEMAN, D. e TVERSKY, A. Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk; **Econometrica**, v.47,n.2, 1979, pp.263-292.
- KAPLOW, L. A Model of the Optimal Complexity of Legal Rules; **Journal of Law, Economics, & Organization**, v. 11, n. 1, 1995, pp. 150-163.
- KINGSTON, P.W.; HUBBARD,R.; LAPP,B.; SCHROEDER,P.; WILSON,J. **Sociology of Education**, v.76, n.1, 2003.
- KUHN, T.S.; A Estrutura das Revoluções Científicas, São Paulo, Perspectiva, 2006, 9 ed. 2006.

- LAW, A. M. **How to Build Valid and Credible Simulation Models**, Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference; Perrone *et al* ed., IEEE, 2006.
- LAW, A. M. & KELTON, W.D. **Simulation Modeling and Analysis**. New York City, McGraw-Hill, 1982.
- MACAL, C. ;NORTH, M. Tutorial on Agent Based Modeling and Simulation. **Proceedings of the 38th Conference on Winter simulation**, 2006, pp.73-83.
- MAYRINK DA COSTA, A. **Criminologia**, Rio de Janeiro, Forense, 2005, 4 ed.
- MARSHALL, A. **Princípios de Economia**, São Paulo, Abril S.A. Cultural e Industrial, 1982.
- MINGERS, J. Combining IS research methods: Towards a pluralist methodology. **Information Systems Research**, v.12, n.3, 2001, pp. 240 – 259.
- MIRABETE, J. F. **Código de Processo Penal Interpretado**, São Paulo, Atlas, 1997, 5 ed.
- MIRABETE, J. F. **Código Penal Interpretado**, São Paulo, Atlas, 2000.
- MOTTA, F.C. P. e PEREIRA, L. C. B. **Introdução à Organização Burocrática**, São Paulo, Brasiliense, 1980, 4 ed.
- NUCCI, G.S. **Manual de Processo Penal e Execução Penal**, São Paulo, Revista dos Tribunais, 2007, 3 ed.
- PABLOS DE MOLINA, A. G., GOMES, L.F. **Criminologia**, São Paulo, Revista dos Tribunais, 2006, 5 ed.
- PALERMO, G.B.; WHITE, M.A.; WASSERMAN, L.A.; HANRAHAN, W. Plea Bargaining: Injustice for all ? **International Journal of Offender Therapy and Comparative Criminology**, v. 42, n. 2, 1998, pp.111-123.
- POPPER, K.R. **Lógica das Ciências Sociais**; Rio de Janeiro, Tempo Brasileiro, 2004, 3 ed.
- POSNER, R. Utilitarianism, Economics, and Legal Theory, **The Journal of Legal Studies**, v.8, n.1, 1979, pp. 103-140.
- POSNER, R.; **Economic Analysis of Law**. Boston: Little Brown and Company, 4 ed., 1992.
- POSNER; R.; Gary Becker's Contributions to Law and Economics; **The Journal of Legal Studies**, v.22, n.2, 1993, pp. 211-215.
- RAO, A.S.; GEORGEFF, M. P. Modeling Rational Agents Within a BDI- Architecture, **Proceedings of the 2nd International Conference on Principles of Knowledge**, 1991.
- REALE Jr., M. **Lições Preliminares de Direito**. São Paulo, Saraiva, 1995, 22 ed.
- ROWLEY, C. K. The Selected Works of Gordon Tullock, **Virginia Political Economy**, v. I, Liberty Fund, Inc., 2004
- RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Inteligência Artificial**, Rio de Janeiro, Campus, 2003, 2. ed.
- SALDAÑA, Q. **Nova Criminologia**, Campinas, SP, Russell Editora, 2003, 1. ed.

- SCHEINKMAN, J. A; GLAESER,E.L.; SACERDOTE,B.; Crime and Social Interactions. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 111, n. 2. 1996, pp. 507-548.
- SCHELLING, T. **Micromotives and Macrobehavior**, New York: Norton, 1978, pp.137-155.
- SENGE, P. **A Quinta Disciplina**, São Paulo, Best Seller, 1990, 21 ed.
- SHAVELL, S. **Economic Analysis of Public Law Enforcement and Criminal Law**. Wp.9698; National Bureau of Economic Research. 2003.Disponível em: <http://www.nber.org/>. Acesso em: 20 de agosto de 2007.
- SHAVELL, S.; POLINSKY, M.A. Punitive Damages: An Economic Analysis, **Harvard Law Review**, v.111, n.4, 1998, pp. 869-962.
- SHAVELL, S.; POLINSKY, M.A. The Economic Theory of Public Enforcement of Law, **Journal of Economic Literature**, v.XXXVIII, 2000, pp. 45–76.
- SHAVELL, S. **Foundations of Economic Analysis of Law**, Cambridge, Harvard University Press, 2004.
- STREIT, R.E. **Um Modelo Baseado em Agentes para a Análise da Governança Regulamentar do Sistema Financeiro**. 2006. Tese de doutorado, EA/PPGA/UFRGS.
- STF – **Relatório de Atividades**, 2007. Disponível em: <http://www.stf.gov.br/arquivo/cms/principalDestaque/anexo/relativ2007.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2008.
- STJ – **Decisões sobre “enriquecimento injustificado”**. Disponível em: http://www.stj.gov.br/SCON/jurisprudencia/toc.jsp?tipo_visualizacao=RESUMO&livre=enriquecimento+++e+injustificado&b=ACOR. Acesso em 14 jan. 2008.
- TANGERINO, D.P.C. **Crime e Cidade – Violência Urbana e a Escola de Chicago**. Rio de Janeiro, Lúmen Júris, 2007.
- TESFATSION, L. **Agent Based Computational Economics: A constructive approach to economic theory**. L. Tesfatsion and K. L. Judd (editors), Handbook of Computational Economics, North-Holland v.2, 2005. Disponível em: <http://www.econ.iastate.edu/tesfatsi/hbintl.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2007.
- VIAPIANA, L.T.,BRUNET, J.F.G. **Padrões de Criminalidade no Rio Grande do Sul: 1997-2004**. Secretaria de Planejamento e Gestão do Estado Rio Grande do Sul, 2006, disponível em: http://www.scp.rs.gov.br/uploads/Padroes_de_Criminalidade_1997_2004_rev_2.pdf. Acesso em 17 nov.2007.
- VIAPIANA, L.T. **Economia do Crime**. Uma explicação para a formação do criminoso, Porto Alegre, AGE, 2006.

WEISS, G. **Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence**. Cambridge, MIT Press, 1999.

WILENSKY, U. **Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling**, Northwestern University, Evanston, IL, 1999. Disponível em: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. Acesso em: 15 dez. 2006.

WINOTO, P. A Simulation of the Market for Offenses in Multiagent Systems: Is Zero Crime Rates Attainable? Sichman, J.S., Bousquet, F., Davidsson, P. (Eds.). **Multi-Agent-Based Simulation II, LNCS 2581**, Springer-Verlag. pp. 181-193.

WILSON, G.L.; Kelling, J.Q; The police and neighborhood safety; **Atlantic Monthly**, march, 1982.

WOOLDRIDGE, M.; **An Introduction to Multiagent Systems**. NJ, John Wiley & Sons, Ltd., 2002.

ZAMBERLAN, A. O.; GIRAFFA, L. M. M. Modelagem de Agentes Utilizando a Arquitetura BDI, **Technical Report Series**, PUC-RS, n.8, 2001.

ZIMBARDO, P. **The Lucifer Effect: Understanding How Good People Turn Evil**, Random House, 2007.

ANEXO A – CONSOLE DE CONTROLE DO SIMULADOR

O simulador projetado possui uma interface gráfica de interação com o observador para alimentação dos dados e testes de simulação. A interação entre o observador e o teste de cenários é feita através dos controles identificados na figura abaixo. Nela é possível identificar cada um dos instrumentos que possibilitam os ajustes e testes.

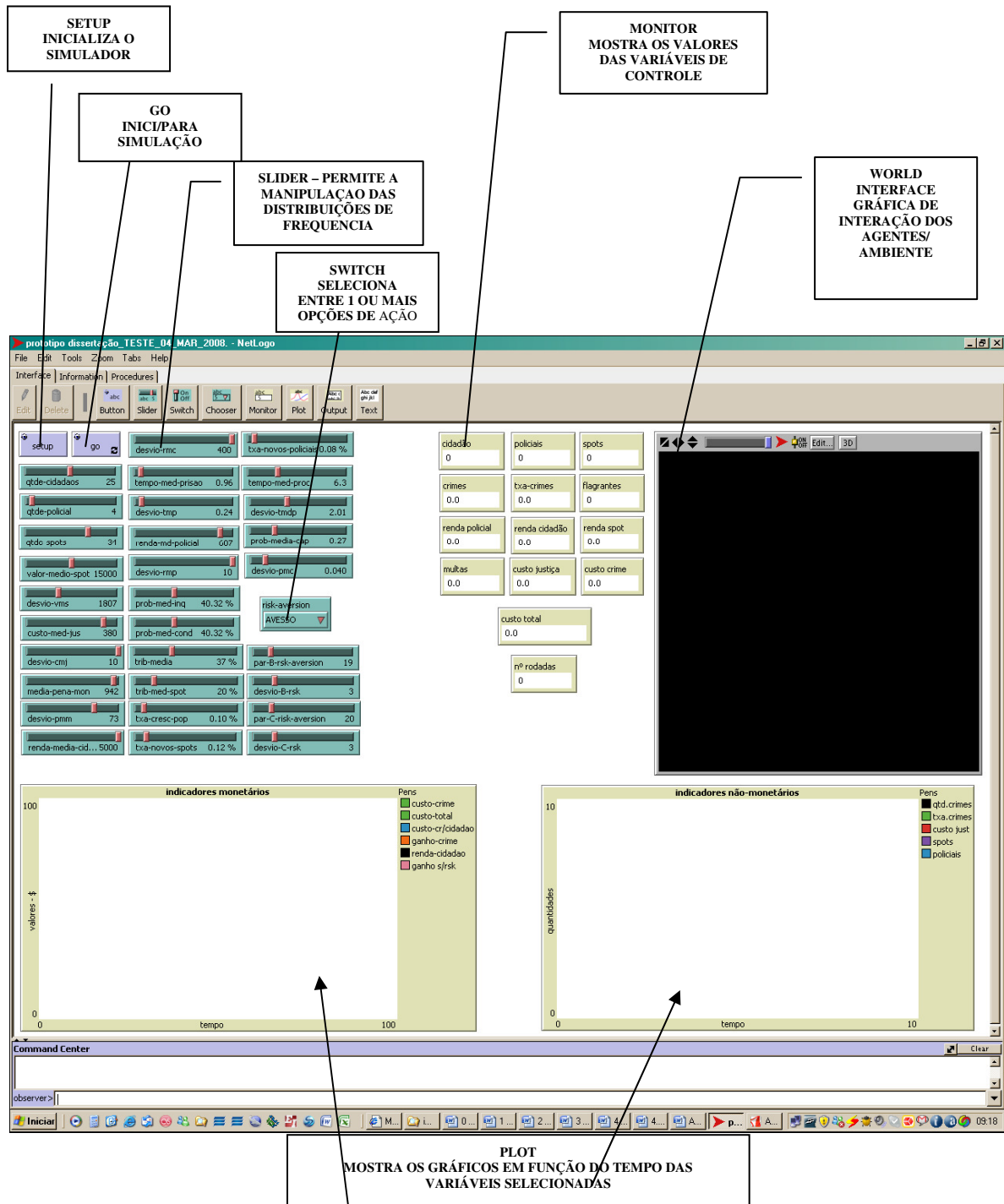
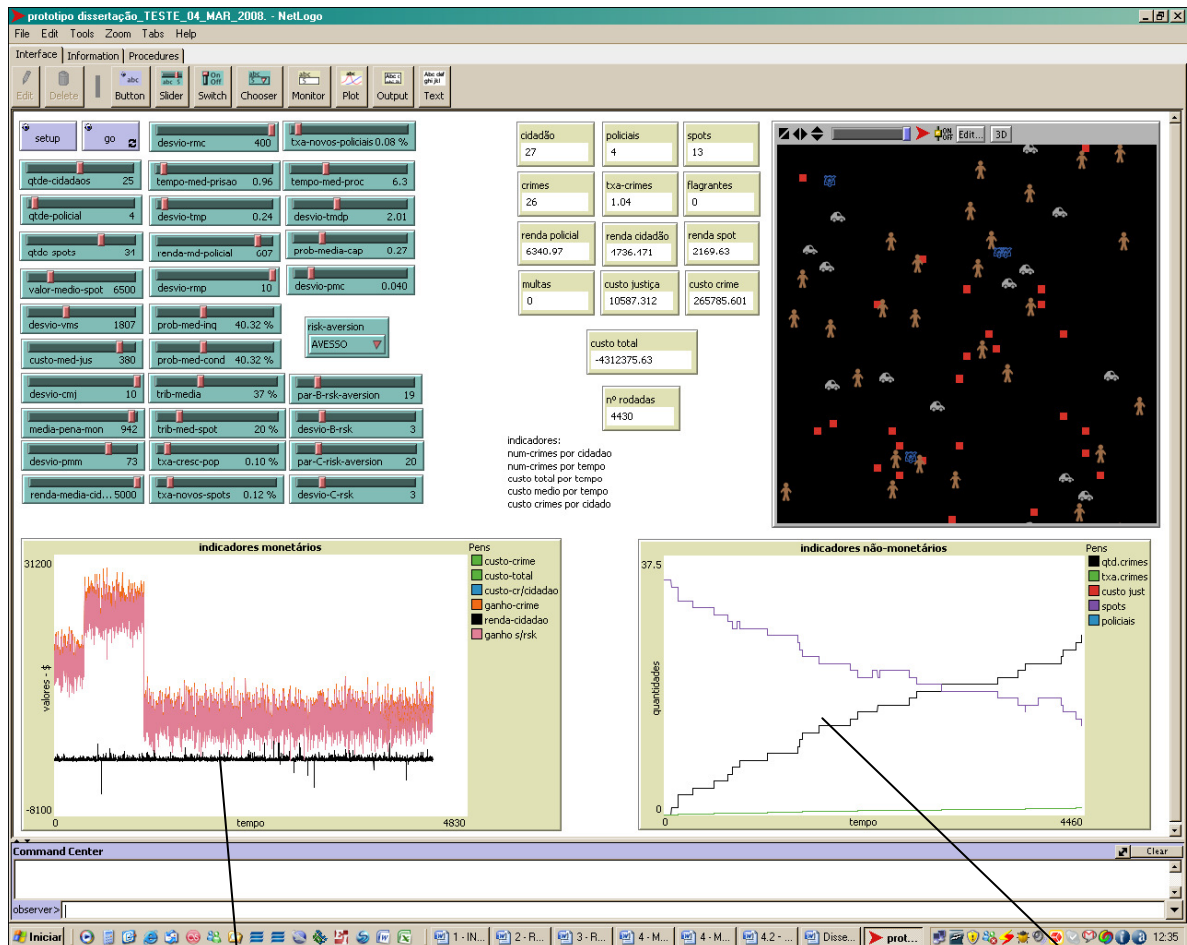


Figura 8 – Console de controle do simulador – 2

Fonte: Elaborado pelo autor.

O SIMULADOR EM OPERAÇÃO



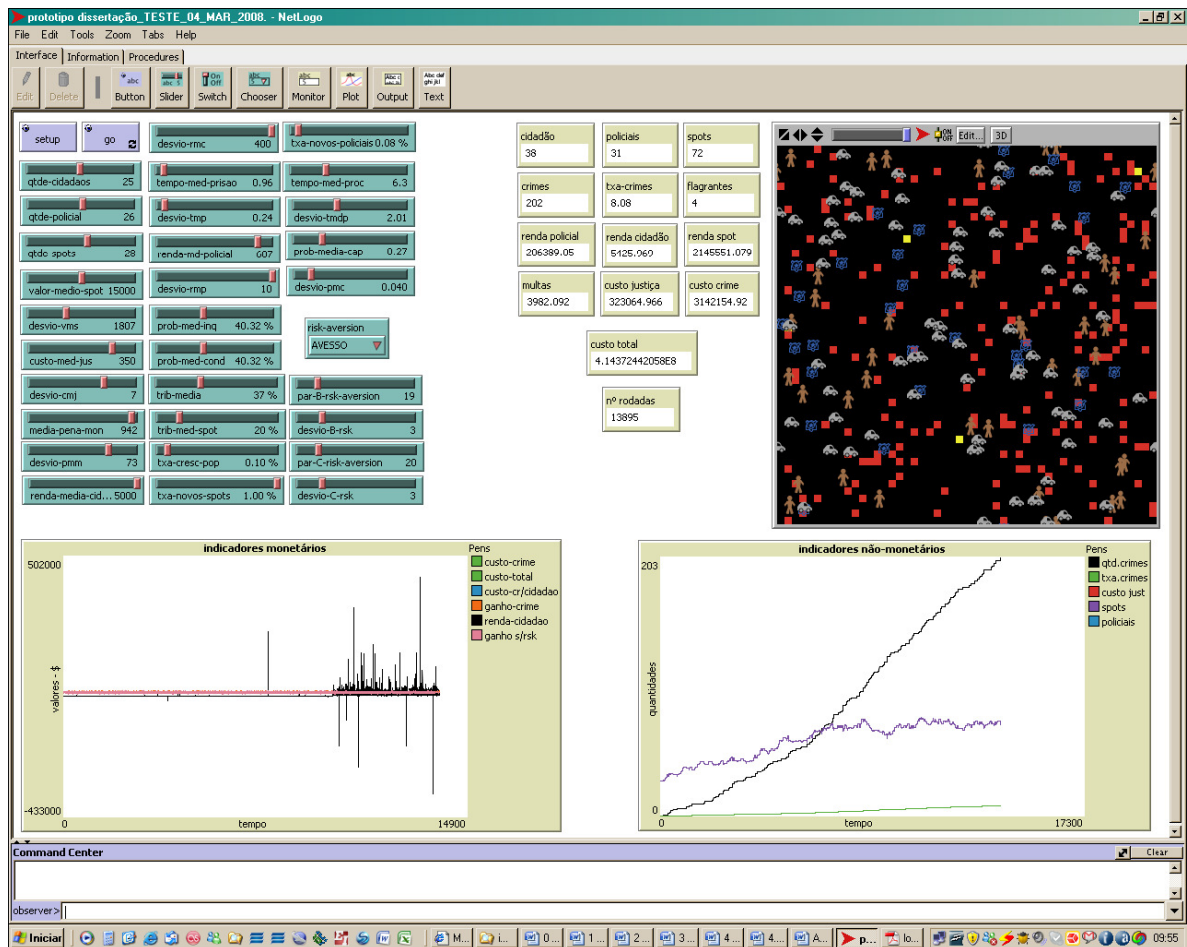
CURVAS DE GANHO E RENDA GERADAS

COMPORTAMENTO DOS INDICES E VARIÁVEIS SELECIONADOS

Figura 9 – O simulador em operação

Fonte: Elaborado pelo autor.

O SIMULADOR EM OPERAÇÃO

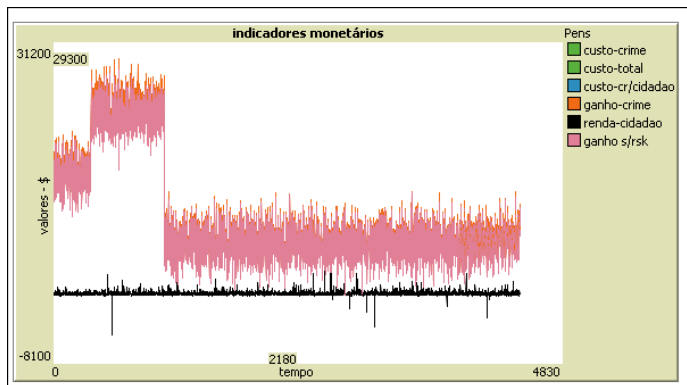


ALTERAÇÃO NA DESUTILIDADE PELA
OCORRÊNCIA DO FLAGRANTE

EVOLUÇÃO DOS INDICES
DE CRIMINALIDADE

Figura 10 – O simulador em operação – 2
Fonte: Elaborado pelo autor.

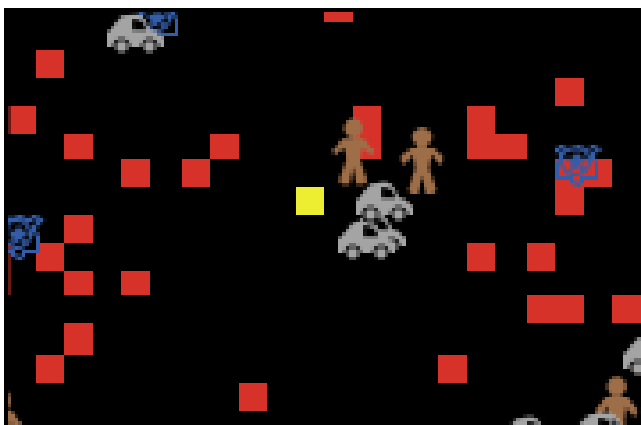
O SIMULADOR EM OPERAÇÃO



Alterações nos valores médios dos agentes-oportunidades e da renda dos agentes-cidadãos, modificam as probabilidades de crime

cidadão 27	policiais 4	spots 13
crimes 26	txa-crimes 1.04	flagrantes 0
renda policial 6340.97	renda cidadão 4736.471	renda spot 2169.63
multas 0	custo justiça 10587.312	custo crime 265785.601
custo total -4312375.63		
nº rodadas 4430		

O console registra os valores de acordo com as variáveis/acumuladores definidos



A ocorrência de um flagrante de prisão, registrada no "mundo" do simulador

Figura 11 – O simulador em operação – 3

Fonte: Elaborado pelo autor.

ANEXO B – CÓDIGO-FONTE DO SIMULADOR

```

;; simulação um modelo baseado em agentes para verificar propriedades
;; decorrentes da aplicação da lei penal
;; autor: Luiz Marcelo Berger
;; mestrado sistemas 2006
;; Prof. Dr. Denis Borenstein
;; PPGA/EA/UFRGS
..*****
,,
;; ***** VERSÃO DE TESTE *****
..*****
,,
;;
;;
;; data concepção: dezembro 2007
;; versão: 08/abril/2008
;;
;;
;;-----
;; definição das variáveis globais
;;-----
;;
globals [ ticks txacrimes contaflag qtcrimes
  totcusto custocrime customdjus
  totrendspot totrendpol totrendcid
  totmultas totmdjus txaarrecada time1 time2
  tempo BO horas dias anos
  somacond somabo
]
breed [ cidadão ]                ;; define tipo de agente cidadão
                                ;; ...e o bando
breed [ estado ]                 ;; define tipo de agente estado
breed [ spot ]                   ;; define agente oportunidade
turtles-own [ ganho xa xt avgrisk B C p h
  cond inq t tp tributo
  totcrim totflag fine
  rendamdcid rendamdsptot rendamdpol
  rendaagente ganhoemrsk
  txarepos
]
                                ;; variável específica dos agentes
cidadão-own [ totcidadão ]       ;; para evitar que dois policiais
estado-own [ policia seized? ]   ;; abordem o mesmo criminoso ao
                                ;; ...mesmo tempo
spot-own [ valorspot grabbed? ]  ;; verifica se o criminoso cometeu
                                ;; ... o delito

patches-own [
  pos-policia                    ;; localiza a posição de cada
  pos-cidadão
  pos-spot
]

```

```

;; agente
;; ...oportunidades de crime
;; (crime=motive/means/opportunity)
;;
;;-----
;; rotina de set-up - limpa as variáveis, reseta o contador
;; cria oportunidades aleatórias de crime
;;-----
;;
to setup
  ca ;; limpa todas as variáveis
  set ticks 0

  ask patches [ set pcolor black ] ;; inicializa o numero de rodadas

  set-default-shape cidadão "person" ;; desenha a "cara" do criminosos
  create-custom-cidadão qtde-cidadãos ;;...segundo tabela de shapes
  ;; cria o bando de agt.criminosos
  ;;...definido no sld.num-inic.crim.
  [
    set color orange ;; seta cor agn.criminoso na tela
    set size 1.7 ;; aumenta tamanho do agnt.na tela
    set totcidadão qtde-cidadãos ;;...de captura no range slider
    setxy random-xcor random-ycor
  ] ;; define crminoso livre no inicio

  set-default-shape estado "police" ;; seta agente policial
  create-custom-estado qtde-policial ;; cria força definida slider
  [
    set seized? false
    set color 87
    set size 1.3
  ]

  setxy random-xcor random-ycor ;; aumenta tamanho do agente

  [
    set-default-shape spot "car"
    create-custom-spot qtde-spots
    [
      set color 65
      set size 1.5
      setxy random-xcor random-ycor
      set grabbed? false
    ]
  ]

  ;; mostra o valor rnd de cada spot
  ;; plota result. no grafico
end
;;

```

```

;;-----
;;
;; go - executa a simulação
;;
;;-----
;;

to go
  ask spot [

      set grabbed? false
      move-spot
      cria-spot
    ]
  ask estado
  [
    set seized? false
    move-estado
    cria-policial

  ]
  ask cidadao
  [
    set time1 timer
    set horas ticks / 60 ;; converte em horas
    set dias ticks / 1440 ;; converte em dias
    set anos ticks / 525600 ;; converte em anos
    move-cidadao
    cria-cidadao
    gera-frequencias
    calcula-ganho
    calcula-renda
    set time2 timer
    set tempo (time2 - time1) / ticks * 10000
  ] ;; pega tempo de execução de cada rodada

end
;;
;;
;;
;;-----
;; calcula-renda - soma receitas e despesas
;; renda : tributos sobre os valores
;;-----
to calcula-renda
  if count cidadao > 0
    [
      ;; transforma tributação mensal em trib por minuto
      set totrendcid totrendcid + (rendamdcid * ( random-normal trib-media desvio-tc / 100 ) /
43200 ) * count cidadao
      set totcusto totcusto + (rendamdcid * ( random-normal trib-media desvio-tc / 100 ) /
43200 ) * count cidadao
    ]
  ]

```

```

]
if count estado > 0
[
;; transforma tributação mensal em trib por minuto
set totrendpol totrendpol + (rendamdpol * ( random-normal trib-media desvio-rmp / 100 )
/ 43200 ) * count estado
set totcusto totcusto + (rendamdpol * ( random-normal trib-media desvio-rmp / 100 ) /
43200 ) * count estado
]
if count spot > 0
[
;; transforma tributação mensal em trib por minuto
set totrendspot totrendspot + (rendamdspot * (random-normal trib-med-spot desvio-ts /
100 ) / 43200 ) * count spot
set totcusto totcusto + (rendamdspot * ( random-normal trib-med-spot desvio-ts / 100 ) /
43200 ) * count spot
]
set customdjus random-normal custo-med-jus desvio-cmj
set totmdjus totmdjus + (customdjus / 525600 ) * (count cidadao + count estado)
;;transforma custo-jus
set totcusto totcusto - (customdjus / 525600 ) * (count cidadao + count estado) ;;anual em
custo-jus por minuto e acumula
set txaarrecada (totcusto - totmdjus - custocrime) / ( totmdjus + custocrime)
end
;;
;;-----
;; move - procedure de movimentação dos agentes no ambiente
;;-----
;;
;;
to move-spot
rt random-float 45 - random-float 45
fd 0.50
end
;;
;;
;;-----
;; move - procedure de movimentação dos agentes no ambiente
;;-----
;;
;;
to move-cidadao
rt random-float 50 - random-float 50
fd 0.5
end
;;
;;
;;-----
;; move - procedure de movimentação dos agentes no ambiente
;;-----
;;
;;
to move-estado
rt random-float 50 - random-float 50
fd 0.5
end

```

```

;;
;;-----
;; gera-frequencias - cria distrições aleatórias de dados
;;-----
;;
to gera-frequencias
  testa-taxas
  if random-float 1 < prob-med-inq
    [
      ask estado-here
      [
        if pcolor = 7.5
          [
            set pcolor 3.5
            set BO BO + 1
            set somabo somabo + txa-BO ;; taxa aprendido com cada BO
          ]
        ]
      ]
    set ganho random-normal valor-md-spot desvio-vms
    set p random-normal prob-media-pun desvio-pmc
    set rendamdqid random-normal renda-md-cid desvio-rmc
    set rendamdpol random-normal renda-md-policial desvio-rmp
    set rendamdspot random-normal valor-md-spot desvio-vms
    set t random-normal t-md-prisao desvio-tmp
    set fine random-normal pena-md-mon desvio-pmm
    set tp random-normal t-med-proc desvio-tmdp
    set B random-normal par-B-rsk-aversion desvio-B
    set C random-normal par-C-risk-aversion desvio-C
    set cond random-normal prob-med-cond desvio-pmcon
    set inq random-normal prob-med-inq desvio-pmi

end
;;
;;-----
;; calcula ganho do agente
;;-----
;;
to calcula-ganho
  set rendaagente p * ( fine + ( inq + somabo ) * ( cond + somacond ) ) * ( rendamdqid * t ) *
  ( 1 / tp )
  if (risk-aversion = "TOLERANTE")
    [
      calcula-tolerante
    ]
  if (risk-aversion = "AVESSO")
    [
      calcula-avesso
    ]
  ifelse ganho > rendaagente ;; verifica se crime compensa

```

```

[
  comete-crime
  set ticks ticks + 1
  do-plot
]
[
  set ticks ticks + 1
  do-plot
]

end
;;
;;-----
;; procedure comete-crime - executa o crime pelo agente
;;-----
;;
;;
;;
to comete-crime
  let prey one-of (spot-here with [not grabbed?])
  let target one-of (estado-here with [not seized?])
  ifelse prey != nobody and target != nobody
    [
      set totmultas totmultas + random-normal pena-md-mon desvio-pmm
      set totcusto totcusto + random-normal pena-md-mon desvio-pmm
      set seized?-of target true           ;; policial disponivel captura
      set grabbed?-of prey true
      set pcolor yellow
      set somacond (count patches with [ pcolor = yellow ]) * txa-cond
      ask cidadao-here [die]
      set totcidadao totcidadao - 1
    ]
    [
      if prey != nobody
        [
          set grabbed?-of prey true           ;;captura spot disponível
          set pcolor 7.5
          set custocrime custocrime + ganho
          set totcusto totcusto - ganho
          set qtdcrimes qtdcrimes + 1
          set txacrimes (qtdcrimes / ticks) * 60 ;; cada tick = 01 minuto
        ]
          ;; x60 ticks = 1 hora
    ]
  ]

end
;;
;;
;;-----
;; produz novos cidadaos dentro do ambiente
;;-----
;;
;;

```



```

to cria-cidadao
  if random-float 100 < txa-cresc-pop
    [
      hatch 1 [ rt random-float 360 ]
    ]
  end
;;
;;
;;
;;-----
;; produz novos oportunidades de crimes
;;-----
;;
to cria-spot
  if random-float 100 < txa-novos-spots
    [
      hatch 1 [ rt random-float 360 ]
      set grabbed? false
    ]
  end
;;
;;

;;-----
;; produz novos policiais
;;-----
;;
;;
to cria-policial
  if random-float 100 < txa-novos-policiais
    [
      hatch 1 [ rt random-float 360 ]
      set seized? false
    ]
  end
;;

;;-----
;; calcula-tolerante - calcula o premio de risco para agente tolerante a risco
;;-----
;;
to calcula-tolerante
  let prob-ganho abs (1 - p)
  set xt ( ln (prob-ganho) + B * ganho) / B
  set ganhosemrsk ganho
  set ganho ganho + xt
end
;;
;;-----

```

```

;; calcula-avesso - calcula o premio de risco para agente avesso a risco
;;-----
;;
to calcula-avesso
  let prob-ganho abs p
  let parametros abs ( B * ganho + C)
  set xa ((exp ((prob-ganho) * ln( parametros ))) - C) / B
  set ganhosemrsk ganho
  set ganho ganho - xa
end
;;
;;-----
;; taxa de incremento de valores
;; testa se é a primeira rodada e incrementa valores de valormediospot, renda do
;; cidadão e do policial e do custo médio da justiça
;;-----
;;
to testa-taxas
  if ticks > 0
  [
    set valor-md-spot valor-md-spot + valor-md-spot * (tx-crs-vms / 100) / 525600
    set renda-md-cid renda-md-cid + renda-md-cid * (tx-crs-rmc / 100) / 525600
    set renda-md-policial renda-md-policial + renda-md-policial * (tx-crs-rmp / 100) /
525600
    set custo-med-jus custo-med-jus + custo-med-jus * (tx-crs-cmj / 100) / 525600
  ]
end

;;
;;
;;-----
;; plota os resultados no gráfico
;;-----
;;
;; indicadores monetários
to do-plot
  set-current-plot "indicadores monetários"
  set-current-plot-pen "ganho-crime"
  plot ganho
  ;;
  set-current-plot-pen "renda-cidadao"
  plot rendaagente
  ;;
  set-current-plot-pen "ganho s/rsk"
  plot ganhosemrsk
  ;;
;; indicadores não monetários
;;
  set-current-plot "indicadores não-monetários"
  set-current-plot-pen "txa.crimes x 10"

```

```
plot txacrimos * 10 ;; (qtdcrimes / ticks) ;; cada tick = 01 minuto

;; set-current-plot-pen "Custo crime"
;; plot (custocrime / ticks) * 60

set-current-plot-pen "Custo crime/t"
plot ( custocrime / ticks)

set-current-plot-pen "tx.arr/custo /10"
plot txaarrecada      ;; versão melhorada tabela 02, inclui a variação
end                    ;; da arrecadação em função do custo.
;;
```

ANEXO C – A ESCOLHA RACIONAL

No modelo proposto, a escolha racional é o referencial teórico para o estudo do fenômeno criminoso. A ciência da criminologia, até a publicação do artigo seminal de Becker (1968), não repercutia muito o postulado da escolha racional como premissa para o fenômeno criminológico. Devido em muito à herança biológica dessa escola, que durante muito tempo direcionou seus esforços para a identificação de traços pessoais que identificassem a personalidade criminosa (MAYRINK DA COSTA, 2005). Esta pré-concepção foi aos poucos abandonada, deixando de lado o conceito Lombrosiano de que o criminoso possui estereótipo diferenciado (PABLOS DE MOLINA, 2006).

A partir do momento que a visão pragmática, baseada na racionalidade passou a freqüentar os meios acadêmicos, vários estudiosos a adotaram como fundamento criminológico, retirando do agente quaisquer atributos subjetivos, especialmente de cunho psicológico ou biológico. A premissa racional dos agentes tem sido a mais recorrente sobre o comportamento humano nas teorias econômicas. O que não é um consenso é o significado preciso que se dá ao termo racionalidade. Frequentemente se identifica racionalidade com comportamento maximizador de utilidade (CALDAS, 2003).

Outros autores consideram a racionalidade como consistência na escolha, outros ainda como busca dos próprios interesses egoístas. Da segunda metade do século passado até os dias de hoje tem-se verificado um florescimento de literatura especializada em questionar a suposição de racionalidade do comportamento em suas distintas definições. Os autores que criticam o suposto de racionalidade estrita elaboram seus argumentos sob diferentes perspectivas. Muitas críticas focalizam a incapacidade do postulado da racionalidade em explicar aspectos comuns da vida dos mercados. Outros enfatizam que o comportamento humano não pode ser reduzido à noção de racionalidade e, para isso, fazem uso de trabalhos da área de psicologia (CALDAS, 2003).

Já outros autores procuram mostrar a influência de fatores culturais na caracterização do comportamento humano e como o contexto social influencia a elaboração de teorias e políticas. Outros simplesmente procuram alternativas ao postulado da racionalidade procurando um outro parâmetro para caracterizar o comportamento humano e sua repercussão na economia. Em economia a concepção *popperiana*¹ de ciência é uma das que mais recebe atenção e que proporciona a base para muitos estudos metodológicos. A característica

¹ Karl R. Popper *apud* Caldas (2003)

fundamental do conhecimento científico, segundo Popper, seria a possibilidade de ser refutado. Isso significa que só pode ser considerado científico um corpo de proposições que estejam sujeitas a serem falsificadas. Considerando que o objetivo da economia é explicar fenômenos sociais reais, então a disciplina deve empregar hipóteses que possam ser refutadas ao serem contrastadas com o mundo real. Enfrentar os problemas econômicos sob esta perspectiva implica adotar a perspectiva *popperiana* de ciência para a economia. O princípio da racionalidade (*rationality principle*) diz que uma ação racional é aquela que está de acordo com as preferências ou crenças do agente no momento da ação. Esse momento é entendido como período exatamente anterior à ação. Os agentes são racionais na medida em que procuram maximizar a sua função utilidade sujeito às restrições que encontram (CALDAS, 2003).

O entendimento destes preceitos encontram no fenômeno criminológico o ambiente ideal para se desenvolverem, pois simplificam a análise a uma questão matemática de escolha, subtraindo características personalíssimas porventura existentes. Ainda que não seja a mais adequada ou sofra restrições, a Escola da escolha racional, ou da maximização da utilidade esperada, atingiu a condição de quase consenso no pensamento econômico, em sintonia com o disposto por Kuhn (2006), que afirma que as mudanças e o progresso nas ciências, e na humanidade em última análise, não se dão de forma linear mas a partir de revoluções e alterações drásticas de paradigmas, mudando radicalmente a forma de pensar sobre um tema. Apesar da eventual controvérsia, as teorias criminológicas utilizadas como referência teórica se servem deste conceito, por sua praticidade e pela amplitude e alcance de seus postulados, o que somente mudará quando outro paradigma mais adequado a substituir.

ANEXO D – FORMALIZAÇÃO DA AVERSÃO AO RISCO DOS AGENTES

A atitude das pessoas na rotina diária da vida é bastante afetada pelo seu comportamento em relação ao risco, segundo French (1986). Algumas são mais avessas ao risco, preferindo pagar um valor de prêmio de seguro para a eventual possibilidade, mesmo que remota, de acontecer algo desastroso. Alternativamente, outros indivíduos preferem assumir riscos, dificilmente pagando pelo custo de qualquer tipo de seguro, ainda que o risco de acontecer algo desastroso seja razoável.

Para efeito das equações obtidas, assume-se que as conseqüências das decisões dos indivíduos em relação ao risco são puramente monetárias, pois torna a dedução mais intuitiva, nas palavras de French (1986).

Neste sentido, quanto mais rica (ou possuir mais recursos) for uma pessoa, mais propensa à assumir o risco ela será, ao invés de pagar pelo prêmio de um seguro.

Considerando que o perfil dos agentes siga um comportamento avesso ao risco:

$$\begin{aligned}
 U(X) &= A \ln (Bx + C) \\
 U(X) &= (1 - p) \cdot U(g) \\
 A \ln (Bx + C) &= (1 - p) A \cdot \ln (Bg + C) \\
 (Bx + C) &= \exp((1 - p) \ln(Bg + C)) \\
 X_A &= (\exp(1 - p) \ln(Bg + C)) - C \quad / \quad B \\
 g_A &= g - X_A
 \end{aligned}$$

Onde:

$U(X)$ = utilidade esperada (French, 1986)

g = ganho; obtido com o crime

g_A = ganho ajustado ao perfil de risco do agente

(p) = probabilidade de sucesso no cometimento do crime e $p \leq 1$

A, B, C parâmetros constantes da equação

Considerando que o perfil dos agentes siga um comportamento tolerante ao risco :

$$\begin{aligned}
 U(x) &= A \exp(Bx + C) \\
 A \exp(Bx + C) &= (1 - p) U(g) \\
 A \exp(Bx + C) &= (1 - p) A \exp(Bg + C)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \exp(Bx + C) &= (1 - p)\exp(Bg + C) \\ \ln[\exp(Bx + C)] &= \ln[(1 - p)\exp(Bg + C)] \\ Bx + C &= \ln(1 - p) + Bg + C \\ Bx &= \ln(1 - p) + Bg \\ x_t &= [\ln(1 - p) + Bg] / B \\ g_t &= g + x_t \end{aligned}$$

As equações descritas foram inseridas no código de programação com o objetivo de corrigir a percepção do agente-cidadão em relação ao ganho esperado. Seguindo o disposto por French (1986), o comportamento do agente, quando sua curva de tolerância é detectada, provoca modificação na percepção de ganho esperado, quando está frente a uma incerteza. Neste caso, as curvas de comportamento seguirão o padrão abaixo, conforme o gráfico 9

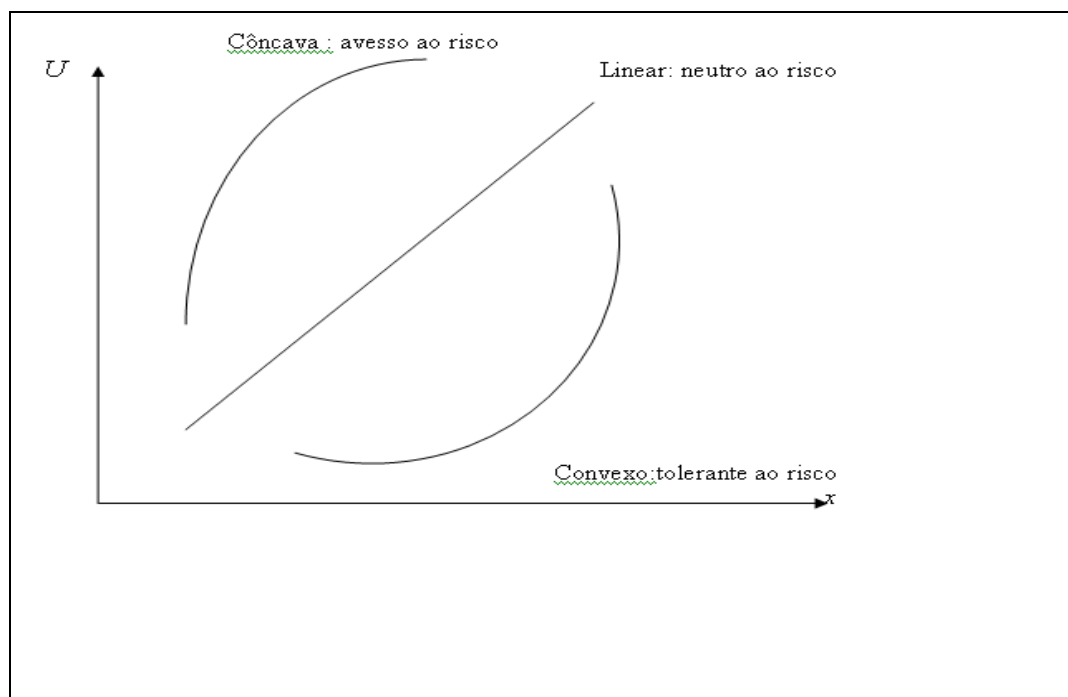


Gráfico 9 – Comportamento dos agentes em relação à incerteza

Fonte: Adaptado de French (1986), p. 179

ANEXO E – FORMALIZAÇÃO DA DESUTILIDADE

O comportamento dos agentes no ambiente simulado segue a equação proposta por Becker(1968). Nesta equação, o autor propõe que o indivíduo que comete o delito não possui nenhuma característica que o diferencie criminologicamente de qualquer pessoa. Qualquer indivíduo diante de uma oportunidade de cometer um crime, simplesmente faz um raciocínio de possibilidades de ganho x custo de punição.

Retomando a Equação (1) (item 2.2, p.44) têm-se:

$$g > p(f + l.t) \quad (1)$$

Onde:

- g = ganho que o violador obtém ao praticar a atividade criminosa;
- p = probabilidade de punição (detection);
- f = multa;
- t = tempo de cumprimento da pena;
- l = desutilidade que o agente deve suportar por unidade de tempo de cumprimento de pena. (Aversão ao risco de aprisionamento)

A desutilidade está relacionada a um conjunto de fatores, subjetivos e objetivos que provocam no agente a percepção de possibilidade de sucesso ou não na empreitada, estando especialmente relacionado com o conceito de impunidade dos criminosos. Para detectar a percepção de impunidade o modelo propõe a utilização de duas subespécies de desutilidade: subjetiva e objetiva. A desutilidade subjetiva está relacionada com fatores pessoais e intransferíveis dos agentes, como por exemplo a renda média expressa em valores monetários. O fato de um agente ter suficientes recursos para prover a si e sua família, modifica a sua percepção de risco e, especialmente, o seu interesse em cometer o crime, ou seja, sua utilidade esperada, pois o ganho eventual não é suficiente para convencê-lo do cometimento do delito.

A desutilidade objetiva, por sua vez, está relacionada com a eficácia e eficiência do Estado - que detém o monopólio da persecução penal - em punir os criminosos. Para detectar esta performance o modelo propõe a apuração de índices diretamente relacionados com a atuação do Estado segundo os termos da lei que impõe a sua forma de atuação, o Código de Processo Penal. Esta lei explica detalhadamente como, através da autoridade policial e posteriormente da intervenção de juízes e promotores um criminoso é processado e punido,

oferecendo números que definem claramente se os objetivos estão sendo alcançados e, conseqüentemente, influenciando na percepção da população sobre a impunidade.

Formalmente:

Desutilidade subjetiva:

$$R_m \cdot t$$

Onde:

R_m : renda média do agente em valores monetários

t : tempo médio de aprisionamento para o crime cometido

Desutilidade Objetiva:

$$[P(Con) \cdot P(Inq)] \cdot 1 / t_p$$

Onde:

$P(Con)$: Probabilidade do acusado ser condenado, após ser denunciado pelo Ministério Público.

$P(Inq)$: Probabilidade do inquérito ser bem elaborado pela polícia e resultar em indiciamento e posterior denuncia do acusado.

Na prática, conforme a lei, um acusado só pode ser condenado pelo juiz se tiver sido denunciado pelo promotor como incurso nos crimes que supostamente cometeu. Da mesma forma, o promotor somente pode oferecer denúncia ao juiz se antes o delegado que preside o inquérito policial indicia o acusado nos crimes apurados na investigação criminal.

Portanto, formalmente:

$$P(Con) \leq P(Inq)$$

Tem-se no caso ótimo, que todo e qualquer acusado de um crime cometido seja indiciado, denunciado e finalmente condenado pelo crime cometido. Na prática, isto está bem distante de ocorrer.

t_p : Tempo médio de duração do Processo penal, caso o denunciado vá a julgamento pelo crime cometido.

Desta forma, a desutilidade será calculada dinamicamente pelo simulador da seguinte forma:

$$l.t = R_m . t [P(C). P(Inq)]. 1/ t_p \quad (2)$$

A equação (2) proposta é compatível em termos de notação com a equação (1) pois sua unidade está expressa em valores monetários.

O modelo ainda admitiria, hipoteticamente, outro índice bastante importante para o cálculo de desutilidade: a taxa de reincidência do crime cometido.

O fator de multiplicação deriva da formulação original na equação (1), que não previu o somatório das parcelas.

ANEXO F – AMOSTRAS DE DECISÕES JUDICIAIS

As decisões judiciais, da quais não cabe mais recurso, são fonte primária para coleta de dados para o simulador acerca do crime objeto de estudo. Em sua grande maioria são editados por juízes do tribunal de justiça do estado, conforme o tipo de crime cometido. No caso, por exemplo, de furto de veículo (art.155 do Código Penal) serão decisões do tribunal de justiça do estado do Rio Grande do Sul.

No entanto, apenas para exemplificar, crimes contra o sistema financeiro nacional, previstos na Lei nº 7.492, de 16 de junho de 1986, são processados pela justiça federal.

Assim, as decisões sobre este tipo de crime serão oriundas do Tribunal Regional Federal da 4ª Região. Cada decisão contém dados sobre cada crime (ou crimes) cometido, ou seja, parâmetros do agente-cidadão, do agente-oportunidade e do agente-estado, parâmetros de desutilidade, local da ocorrência (ambiente) e tipificação precisa do crime cometido.

Estes parâmetros, conforme ilustrado a seguir nas amostras de decisões judiciais selecionadas alimentam os fatores de entrada do simulador, dando os contornos particulares de cada delito que o analista esteja interessado em simular.

FURTO QUALIFICADO. CRIME E AUTORIA COMPROVADOS.

Como afirmou a Magistrada, analisando a prova do processo, para condenar o recorrente pela prática de furto qualificado pelo rompimento de obstáculos: “Dos depoimentos acima transcritos se extrai a certeza de que o crime foi praticado pelo acusado; pois não obstante sua negativa, o mesmo foi encontrado no veículo furtado e com diversos objetos já acondicionados para serem carregados. Além disso, estava sozinho no local (não havendo nenhum outro indivíduo como afirmou), o que foi corroborado pelos policiais militares que atenderam a ocorrência e, também, pela testemunha Arlei. De ressaltar, que não é nem um pouco crível que os policiais não tivessem visto a fuga de outros elementos, porquanto a evasão destes teria se dado somente com a chegada da Brigada Militar, segundo relatou o próprio acusado. Aliado a isso, caso o réu estivesse apenas prestando auxílio a outras pessoas não teria chamado Arlei para lhe ajudar a empurrar o veículo... A qualificadora do inciso I do parágrafo 4º do artigo 155, do Código Penal está evidenciada... Por fim, o delito restou consumado, na medida em que o acusado deteve a posse tranqüila da *res*...”

Especificação legal do crime – tipo penal

DECISÃO: Apelo defensivo desprovido. Unânime.

APELAÇÃO

Agente cidadão

OITAVA CÂMARA CRIMINAL

ambiente

Nº 70014967947

COMARCA DE SÃO GABRIEL

PAULO ROGÉRIO RODRIGUES PIRES

APELANTE

MINISTÉRIO PÚBLICO

APELADO

Agente estado

ACÓRDÃO

Vistos, relatados e discutidos os autos.

Acordam os Desembargadores integrantes da Oitava Câmara Criminal - Regime de Exceção do Tribunal de Justiça do Estado, à unanimidade, em negar provimento ao apelo.

Custas na forma da lei.

Participaram do julgamento, além do signatário, os eminentes Senhores **DES. ROQUE MIGUEL FANK (PRESIDENTE E REVISOR) E DES. MARIO ROCHA LOPES FILHO**

Porto Alegre,

Agente estado

DES. SYLVIO BAPTISTA NETO,
Relator.

RELATÓRIO

DES. SYLVIO BAPTISTA NETO (RELATOR)

1. Paulo Rogério Rodrigues Pires foi denunciado como incurso nas sanções do art. 155, § 4º, I, do Código Penal (Penas de prisão e multa de 2002), e, após o trâmite do procedimento, **condenado às penas de dois anos e dois meses de reclusão, regime aberto, e multa.** Descreveu a peça acusatória que, no dia 27 de outubro de 2001, de madrugada, o denunciado, arrombando o veículo Volkswagen, placa IIN-8323, furtou diversos bens integrantes daquele automóvel, bem como outros que se encontravam em seu interior, bens estes avaliados em R\$ 1.399,50 e que pertenciam a Alessandro Maria da Silva.

Inconformada com a decisão, a Defesa apelou. Em suas razões, a Defensora pediu a absolvição do recorrente, alegando que ele não praticou o furto denunciado e que a prova a respeito era insuficiente para determinar sua condenação. Em contra-razões, a Promotora de Justiça manifestou-se pela manutenção da sentença condenatória.

Nesta instância, em parecer escrito, o Procurador de Justiça opinou pelo desprovimento do recurso.

VOTOS

DES. SYLVIO BAPTISTA NETO (RELATOR)

2. O apelo não procede. A prova, como salientou a ilustre Julgadora, Dra. Silvia Maria Pires Tedesco, mostrou-se segura a respeito da autoria do furto denunciado, recaindo ela na pessoa do apelante.

Tendo em vista que os argumentos do recurso já foram examinados, e rebatidos, na decisão de primeiro grau, permito-me transcrever a fundamentação da sentença. Em primeiro lugar, porque com ela concordo. Depois, fazendo-o, homenageio o trabalho da colega e evito a tautologia. Disse a Magistrada:

“Quanto ao mérito tenho que procede a peça acusatória, uma vez que restaram comprovadas a materialidade e a autoria delitiva. A primeira vem estampada no auto de constatação de dano (fl. 63)... A segunda repousa na pessoa do réu, em que pese sua negativa. Senão vejamos:

O acusado declarou em juízo que: “Que na data do fato o interrogando havia saído do clube do 6º BE e estava embriagado, quando dois elementos pediram-lhe que ajudasse a empurrar o veículo descrito na denúncia. Quando estava empurrando o veículo, foi abordado por 02 viaturas da BM. Os outros 02 indivíduos que estavam empurrando o veículo, um de cada lado, junto às portas que estavam abertas. O interrogando estava empurrando por trás. Os demais indivíduos fugiram. Que é falsa a acusação (...) que não estava sentado no banco do carona, como constou no depoimento de fl. 19. Foram os PMs que o fizeram sentar dentro do carro (...)”.

Contudo, o conjunto probatório denota que a versão do réu não encontra amparo em nenhum elemento dos autos, estando isolada em suas próprias declarações. Outrossim, a prova oral é farta e aponta o acusado como o autor do ilícito.

A vítima Alessandro corrobora a subtração, narrando que: “Quando saiu da boate, o carro não estava mais ali. Tinha fechado as portas do carro com as chaves. Recebeu o veículo de volta poucos dias depois. O carro estava com a porta arrombada e o pára-lamas estava todo amassado (...) furtaram o rádio, um telefone residencial e uma bolsa com roupas (...) o rádio e o telefone foram apreendidos com a pessoa que furtou o carro...”.

A testemunha Arlei asseverou que: “Que não presenciou os fatos descritos na denuncia, relatando que ouviu barulho na frente da casa de sua mãe de madrugada, sendo que saiu para fora após ter visto que havia um fusca caído na valeta e havia um indivíduo que tentava tirar o carro do local. Que saiu para ajudar, informando que a rua é estreita. Que

ajudou o indivíduo a retirar o veículo do local reconhecendo o réu nesta solenidade... Que não conhecia o réu...”.

O policial militar Félix, disse que: “Que se recorda da abordagem do réu, sendo que o mesmo estava dentro do veículo. Que o veículo estava parado, sendo que estavam procurando o mesmo, pois já havia sido noticiado o furto (...) Que só estava o réu”.

O condutor Silvio referiu que (fl. 47): “(...) Foram informados que na Rua Borges de Abreu, havia um veículo nas características do furtado e havia um indivíduo mexendo dentro da mesmo, deslocaram-se até o local e depararam-se com o conduzido no interior do veículo e já com várias peças do mesmo enroladas em roupas, formando uma trouxa para carregar...”.

Dos depoimentos acima transcritos se extrai a certeza de que o crime foi praticado pelo acusado; pois não obstante sua negativa, o mesmo foi encontrado no veículo furtado e com diversos objetos já acondicionados para serem carregados. Além disso, estava sozinho no local (não havendo nenhum outro indivíduo como afirmou), o que foi corroborado pelos policiais militares que atenderam a ocorrência e, também, pela testemunha Arlei. De ressaltar, que não é nem um pouco crível que os policiais não tivessem visto a fuga de outros elementos, porquanto a evasão destes teria se dado somente com a chegada da Brigada Militar, segundo relatou o próprio acusado. Aliado a isso, caso o réu estivesse apenas prestando auxílio a outras pessoas não teria chamado Arlei para lhe ajudar a empurrar o veículo.

De conseguinte, inequívoca a participação do acusado no ilícito.

De outra feita, a embriagues não exclui ou minimiza a culpabilidade do acusado, na medida em que não há notícias de que fosse involuntária e proveniente de caso fortuito.

A qualificadora do inciso I do parágrafo 4º do artigo 155, do Código Penal está evidenciada, eis que para a caracterização da qualificadora, deve haver dano concreto do obstáculo, o que se verifica no presente caso, conforme auto de constatação de dano (fl. 63) e as declarações da vítima.

Por fim, o delito restou consumado, na medida em que o acusado deteve a posse tranqüila da *res*, tanto que retirou o veículo do local em que estava estacionado, tendo inclusive a certa altura do percurso solicitado auxílio a terceiro para que pudesse prosseguir conduzindo o automóvel, não tendo logrado êxito em sua fuga por total inaptidão pessoal.

Sendo assim, impõe-se a procedência da inaugural nos seus exatos termos.”

4. Assim, nos termos supra, nego provimento ao apelo.

DES. ROQUE MIGUEL FANK (PRESIDENTE E REVISOR) - De acordo.

DES. MARIO ROCHA LOPES FILHO - De acordo.

DES. ROQUE MIGUEL FANK - Presidente - Apelação Crime nº 70014967947, Comarca de São Gabriel: "À UNANIMIDADE, NEGARAM PROVIMENTO AO APELO."

Julgador(a) de 1º Grau: SILVIA MARIA PIRES TEDESCO

APELAÇÃO CRIMINAL. CRIMES CONTRA O PATRIMÔNIO E CONTRA A FÉ PÚBLICA. QUALIFICADORA DO EMPREGO DE CHAVE FALSA. CONFISSÃO ESPONTÂNEA. ADULTERAÇÃO DE SINAL IDENTIFICADOR DE VEÍCULO.

Especificação do crime

Qualificadora do emprego de chave falsa. A utilização de chave original de outra motocicleta a fim de abrir a chave de outra motocicleta, objeto da subtração, não se caracteriza como chave falsa, na medida em que a qualificadora do art. 155, § 4º, III do CP se verifica quando a chave falsa destina-se a romper obstáculo colocado para protegê-la. Assim se a utilização do instrumento serviu tão-somente para acionar o motor e não para facilitar o acesso do agente à coisa, não incide a qualificadora.

2. Atenuante da confissão espontânea e pena abaixo do mínimo legal. A incidência de circunstância atenuante não pode conduzir a pena abaixo do mínimo legal – Súmula n. 231, STJ.

Especificação do crime

Alteração do sinal identificador de veículo. A conduta de amassar o chassi do motor, com o intuito de ocultar a prática do crime de furto, na medida em que se insere na conduta “alterar” do art. 311 do CP, consistente em qualquer modificação ou alteração, capaz de alterar o sinal identificador original, independente do processo utilizado.

Deram parcial provimento ao apelo da defesa, para afastar a qualificadora do emprego de chave falsa do primeiro fato, e deram provimento ao apelo da acusação, condenando o réu como incurso nas sanções de

APELAÇÃO

Agente estado

OITAVA CÂMARA

Ambiente

Nº 70020430138

COMARCA DE ANTÔNIO PRADO

MINISTERIO PUBLICO

APELANTE/APELADO

CLEBERSON BRANCANI PAULETTI

APELANTE/APELADO

Agente cidadão

ACÓRDÃO

Vistos, relatados e discutidos os autos.

Acordam os Magistrados integrantes da Oitava Câmara Criminal do Tribunal de Justiça do Estado, à unanimidade, dar parcial provimento ao apelo da defesa, para afastar a qualificadora do emprego de chave falsa do primeiro fato, e dar provimento ao apelo da acusação, condenando o réu como incurso nas sanções do art. 311 do CP.

Custas na forma da lei.

Participaram do julgamento, além do signatário, os eminentes Senhores **DES. ROQUE MIGUEL FANK (PRESIDENTE E REVISOR) E DRA. MARLENE LANDVOIGT.**

Porto Alegre, 01 de agosto de 2007.

Data da ocorrência do crime

DES. MARIO ROCHA LOPES FILHO,
Relator.

RELATÓRIO

DES. MARIO ROCHA LOPES FILHO (RELATOR)

O Ministério Público denunciou **Clebson Brançani Pauletti**, como incurso nas sanções do art. 15 Data final do processo forma do art. 69, *caput*, todos do Código Penal, pela prática dos seguintes fatos delituosos:

1) No dia 20 de fevereiro de 2005, por volta das 3h, na localidade de Nova Treviso, interior do município de Nova Roma do Sul, RS, o denunciado subtraiu, para si, com o emprego de chave falsa, uma motocicleta Honda CG Titan KS, placa IKD-2834, cor verde, pertencente a Gilberto Antônio Turchetto.

Agente oportunidade

Na oportunidade, o denunciado, aproveitando-se do fato de que a motocicleta estava estacionada, sem vigilância, nas imediações de onde ocorria um baile, utilizando a chave de outra motocicleta (**chave falsa**), acionou o motor e subtraiu-a, dirigindo-se para sua casa, em Nova Pádua.

A res furtiva foi apreendida (fl. 09/ip), avaliada em R\$ 3.200,00 (três mil e duzentos reais – auto de avaliação da fl. 11/ip) e restituída à vítima (auto de devolução da fl. 14/ip).

2) No período compreendido entre os dias 20 e 23 de fevereiro de 2005, em data e horário não precisados, na Rua Senador Pinheiro, 1193, em Nova Pádua, RS, o denunciado adulterou a numeração do chassi da motocicleta Honda CG Titan KS, placa IKD-2834, cor verde, chassi original nº 9C2JC30101R216849, suprimindo-a, mediante batidas e amassamento.

Na oportunidade, o denunciado, depois de subtrair a motocicleta Honda CG Titan KS, placa IKD-2834, cor verde, adulterou, mediante batidas e amassamento, a numeração original do chassi (nº 9C2JC30101R216849, tornando-a ilegível (suprimindo-a), com a intenção de impedir sua identificação.

A denúncia foi recebida em 29.12.2005 (fls. 35).

O réu, citado e qualificado, foi interrogado, na presença de defensor público, em que confessou a autoria do delito.

Em instrução, foram ouvidas cinco testemunhas (fls. 58/60 e 76/77).

No prazo do art. 499 do CPP, o Ministério Público requereu a atualização dos antecedentes criminais do réu (fls. 79). A defesa técnica nada requereu (fls. 85 verso).

Em alegações finais, o Ministério Público requereu a procedência da ação penal, com a condenação do réu. A defesa técnica, por sua vez, pleiteou a desclassificação do crime para o furto simples e a atipicidade do delito do art. 311 do CP, além da atenuante da confissão espontânea.

O Magistrado da Vara Judicial da Comarca de Antônio Prado julgou parcialmente procedente a ação penal, condenando o réu como incurso nas sanções do art. 155, § 4º, III do CP, à pena privativa de liberdade de 02 anos de reclusão, substituída por duas restritivas de direito (prestação de serviços à comunidade e prestação pecuniária) e multa, fixada em 10 dias-multa, na razão de 1/30 do salário mínimo nacional. Ainda, absolveu o réu da imputação do crime do art. 311 do CP, com fundamento no art. 386, III do CPP.

Inconformado, **Cleberon Brançani Pauletti** interpôs recurso de apelação, propugnando pela reforma da sentença, alegando a desclassificação do delito para furto simples, pois não caracterizada a utilização da chave falsa e a aplicação da atenuante da confissão espontânea, mesmo que importe em pena abaixo do mínimo legal.

O **Ministério Público**, também, interpôs apelo, irresignando-se contra a absolvição em relação ao segundo fato delituoso, pois restou comprovada a adulteração no chassi.

Ambas partes apresentaram contra-razões, pugnando pela manutenção da sentença.

O Procurador de Justiça Delmar Pacheco da Luz opinou pelo improvimento do apelo defensivo e o provimento do recurso ministerial.

É o relatório.

VOTOS

DES. MARIO ROCHA LOPES FILHO (RELATOR)

Eminentes Colegas:

Trata-se de analisar os respectivos recursos de apelação, em que se objetiva (a) a condenação nas sanções do art. 311 do CP; (b) o afastamento da qualificadora do emprego de chave falsa e a aplicação da atenuante da confissão espontânea, aquém do mínimo legal.

Materialidade

A materialidade dos delitos restou demonstrada pelo Auto de Arrecadação (fls. 13), Auto de Avaliação (fls. 15), Auto de Devolução (fls. 18), Laudo Pericial (fls. 64/66), além da prova oral.

Autoria

A autoria dos delitos também está comprovada em face da confissão espontânea do acusado, perante a autoridade policial e em juízo, corroborada pela prova testemunhal.

1º Recurso de apelação

a) Qualificadora do emprego de chave falsa

O pedido de afastamento da qualificadora de chave falsa, inculpada no art. 155, § 4º, III do CP merece ser provido.

A chave falsa caracteriza-se como²

o instrumento destinado a abrir fechaduras ou fazer funcionar aparelhos. A chave original, subtraída sub-repticiamente, não provoca a configuração da qualificadora. Pode haver, nessa hipótese, conforme o caso concreto, abuso de confiança ou fraude. A mixa – ferro curvo destinado a abrir fechaduras -, segundo nos parece, pode configurar a qualificadora. Afinal, deve-se notar que se a chave é falsa não há de possuir o mesmo aspecto ou a mesma forma da chave original.

No caso, o réu, para acionar o motor, utilizou-se da chave de uma moto de um amigo, a fim de subtrair outra motocicleta que estava estacionada em frente

² NUCCI, Guilherme de Souza. *Código penal comentado*. 5. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2005, p. 631. Sobre o conceito de chave falsa Paulo José da Costa Júnior leciona que é “todo instrumento que se preste a abrir fechaduras, revestindo-se ou não do aspecto de chave (gazua, pé-de-cabra, pedaço de arame etc.). Há quem entenda como falsas as chaves verdadeiras furtadas ou perdidas. Não procede tal exegese. A chave verdadeira, se obtida mediante artifício ou ardid, poderá qualificar o furto pela fraude. Não é possível considerar a chave verdadeira como falsa. (...) A lei exige o emprego da chave falsa para a execução do furto” (*in* Direito penal: curso completo. São Paulo: Saraiva, 2000, p. 322).

ao salão em que ocorria o baile³. Muito embora, não se trata da chave original da motocicleta, não procede a caracterização como chave falsa, na medida em que doutrina e jurisprudência considera, com tal, qualquer instrumento apto a romper com obstáculo à subtração da coisa e não, simplesmente, para acionar o motor do veículo.

Ademais a vítima Gilberto Antônio Turchetto (fls. 52) asseverou que, na noite da subtração, a trava da moto não estava acionada, fato que demonstra a desnecessidade de rompimento de obstáculo pelo réu.

Outrossim, a chave falsa serve para alcançar a coisa a fim de subtraí-la, e não diretamente para a execução do crime.

Assim, direcionam-se decisões deste Tribunal:

FURTO. TENTATIVA. CHAVE FALSA. CONCURSO DE AGENTES. 1. Os réus, ao encontrarem a chave verdadeira na porta da residência, fizeram uso dela para ingressar no interior da casa. Não incidência da qualificadora da chave falsa. 2. O concurso de agentes ficou comprovado, na medida em que os réus, em seus depoimentos, confessaram que em comunhão de esforços e conjunção de vontades, resolveram praticar o delito. 3. Não houve a consumação do delito por motivos alheios à vontade dos agentes. Os pertences da vítima estavam condicionados em um cobertor, prontos para serem transportados quando os policiais militares fizeram a abordagem, no interior da residência. 4. Preenchidos os requisitos do artigo 155, § 4º, inciso IV do Código Penal. Pena bem dosada. APELO DESPROVIDO. (Apelação Crime Nº 70008665390, Sétima Câmara Criminal, Tribunal de Justiça do RS, Relator: Nereu José Giacomolli, Julgado em 03/06/2004)

Nesse sentido, precedentes do STJ:

PENAL E PROCESSUAL PENAL. FURTO QUALIFICADO. USO DE CHAVE FALSA. VIOLAÇÃO DO ART. 155, § 4º, III, DO CÓDIGO PENAL RECONHECIDA. REINCIDÊNCIA. ART. 61, I, DO CP. NEGATIVA DE VIGÊNCIA CONFIGURADA. NON BIS IN IDEM.

1. Nos termos da jurisprudência desta Corte, para a caracterização da qualificadora descrita no art. 155, § 3º, III, do CP, considera-se chave falsa todo instrumento, com ou sem forma de chave, utilizado para abrir fechadura ou dispositivo análogo, que possibilite a execução do crime.

2. A Corte a quo, efetivamente, negou vigência ao art. 61, I, do Código Penal, que prevê a reincidência como circunstância

³ O réu Cleberson (fls. 46) declarou que “O depoente foi até o baile com um amigo, de carona na moto deste. Na hora de irem embora, pegou a chave da motocicleta do amigo, e com ela conseguiu acionar o motor da motocicleta.”

legal que sempre deverá agravar a pena, sendo esta, portanto, norma de natureza cogente, ou seja, de aplicação obrigatória.

3. Recurso conhecido e provido para redimensionar a pena do recorrido em 2 (dois) anos e 3 (três) meses de reclusão, mantidas as demais cominações do aresto recorrido.

(REsp 667.479/RS, Rel. Ministro ARNALDO ESTEVES LIMA, QUINTA TURMA, julgado em 06.03.2007, DJ 19.03.2007 p. 383)

PENAL. FURTO QUALIFICADO. EMPREGO DE CHAVE FALSA.

1. A UTILIZAÇÃO DE CHAVE FALSA DIRETAMENTE NA IGNIÇÃO DO VEÍCULO PARA FAZER ACIONAR O MOTOR NÃO CONFIGURA A QUALIFICADORA DO EMPREGO DE CHAVE FALSA (CP, ART. 155, PAR. 4., III). A QUALIFICADORA SO SE VERIFICA QUANDO A CHAVE FALSA É UTILIZADA EXTERNAMENTE A "RES FURTIVA", VENCENDO O AGENTE O OBSTÁCULO PROPOSITADAMENTE COLOCADO PARA PROTEGE-LA.

2. RECURSO PROVIDO. (REsp 43.047/SP, Rel. Ministro EDSON VIDIGAL, QUINTA TURMA, julgado em 10.12.1996, DJ 15.09.1997 p. 44400)

PENAL. RECURSO ESPECIAL. FURTO. QUALIFICADORA DO EMPREGO DE CHAVE FALSA. CONFIGURAÇÃO.

- A qualificadora do emprego de chave falsa, no crime de furto, incide se a chave for utilizada para a subtração no sentido de alcançar a coisa, pois o fundamento dessa causa refere-se ao acesso do agente ao objeto material, não alcançando, portanto, o resultado final do crime.

- Recurso especial conhecido e desprovido.

(REsp 284.385/DF, Rel. Ministro VICENTE LEAL, SEXTA TURMA, julgado em 14.05.2002, DJ 17.06.2002 p. 310)

Destarte, afasto a qualificadora do emprego de chave falsa (art. 155, § 4º, III do CP), desclassificando o delito para furto simples (art. 155 do CP).

b) Atenuante da confissão espontânea e fixação da pena abaixo do mínimo legal

Não procede o pedido de reconhecimento da atenuante da confissão espontânea, estabelecida no art. 65, III, "d" do CP, para a fixação da pena aquém do mínimo legal.

Embora não desconheça posicionamentos favoráveis a este tese, inclusive neste Tribunal, particularmente, filio-me a corrente contrária que entende

não ser possível a fixação de pena abaixo do mínimo legal por atenuante, em face da Súmula 231 do STJ⁴.

2º Recurso de apelação

Inicialmente, insta ressaltar que a materialidade do delito imputado ao réu já foi analisado.

A sanção à conduta tipificada no art. 311 do CP tem por objetivo proteger a fé pública, especialmente em relação à propriedade e ao licenciamento ou registro de veículos automotores, inclusive, como forma de repressão a outras formas de delitos correlacionados, dentre eles furto, roubo, crime organizado.

A autoria restou comprovada pela confissão do réu, em juízo, onde admite livremente ter provocado “o amassamento sobre o número do chassi da motocicleta, para que não descobrissem que era furtada. Ambos os fatos narrados na denúncia são verdadeiros” (fls. 46/47).

As testemunhas Gilberto Antonio Turchetto (fls. 58), Jorge Xavier (fls. 59) e Volmir dos Santos (fls. 60) confirmaram que o chassi da motocicleta apresentava amassamento, com o propósito de dificultar a identificação do chassi.

O laudo pericial (fls. 64/65), realizado pelo Departamento de Criminalística do Estado do RS, concluiu que “a numeração identificadora de chassi foi suprimida por ação de ferramenta abrasiva”.

O jurista José Silva Júnior⁵, em comentários ao art. 311 do CP, assevera que “Os núcleos: **adulterar diz com a ação pela qual se acresce, suprime ou se troca parte do original verdadeiro**. É, portanto, uma alteração ou modificação, que deve ser capaz de causar prejuízo; remarcar e marcar de novo (alterando) (...) É comum a prática através de soldagem, amolgamentos, pelos chamados pinadores em tocas (oficinas clandestinas)” (grifei).

⁴ Lycurgo de Castro Santos, citada por Nucci (in Código penal comentado, p. 355), leciona que “Com efeito, dois são os motivos pelos quais não se pode admitir tal individualização da pena abaixo do mínimo legal: em primeiro lugar contraria o princípio da legalidade, já que a pena mínima estabelecida pelo legislador é o limite mínimo a partir do qual a pena pelo injusto culpável cumpre seus pressupostos de prevenção especial a partir do qual a pena pelo injusto culpável cumpre seus pressupostos de prevenção especial e geral. Em segundo lugar, a adoção do critério de rebaixar a pena aquém do marco mínimo traz consigo um perigo, desde o ponto de vista político criminal, à segurança jurídica”.

⁵ FRANCO, Alberto Silva; STOCO, Rui (Coor.). Código penal e sua interpretação jurisprudencial. 7. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, v. 2, 2001, p. 3804.

Não há, pois, atipicidade na adulteração, falsificação, deformação, amassamento de novo número ou sinal de identificação do veículo, pouco importando o processo utilizado.

Assim, realizada a conduta, na forma “adulterar”, denota-se o dolo do agente, consistente na vontade livre e consciente de alterar o chassi do veículo, a fim de dissimular a prática do furto.

Passo à dosimetria da pena.

1º Fato

Em relação à quantificação da pena, tenho por bem analisados os vetores do art. 59 do CP, pelo magistrado *a quo*. Assim, fixo a pena base, no mínimo legal, em 01 ano de reclusão, pois favoráveis as referidas circunstâncias. Muito embora reconheça a incidência da atenuante da confissão espontânea deixo de aplicá-la, conforme entendimento da Súmula 231 do STJ, e ausentes outras circunstâncias modificadoras, torno a pena definitiva em **01 ano de reclusão**.

2º Fato

O réu é primário e não possui antecedentes criminais. Ausentes elementos a respeito da personalidade. A conduta social restou abonada pelas testemunhas. O motivo é o inerente à espécie, ou seja, ocultar a prática de outro crime (furto). As circunstâncias nada revelam em desabono à conduta do réu. As conseqüências foram mínimas, pois a *res furtiva* foi recuperada e devolvida. A vítima em nada contribuiu para a perpetração do delito. A culpabilidade é mediana, pois o agente tinha pleno conhecimento da ilicitude do fato e era exigido que tivesse outra conduta, na medida em que se tratava de pessoa jovem e com emprego.

Diante das circunstâncias judiciais do art. 59 do CP, fixo a pena base em **03 anos de reclusão**, tornando-a definitiva, pois ausentes outras circunstâncias modificadoras.

Pena pecuniária

A pena pecuniária, considerando-se o réu pessoa pobre, já que nada foi esclarecido quanto a sua situação econômica, além das circunstâncias judiciais do art. 59, do Código Penal, fica

estabelecida em 10 dias-multa, no valor unitário de 1/30 do salário mínimo mensal vigente na data do efetivo pagamento, nos termos do art. 49, do Código Penal.

Pena definitiva

**Pena de
aprisionamento**

A pena privativa de liberdade com **cumulo material**, fica estabelecida em **04 anos de reclusão**, a ser cumprida em regime aberto, conforme dispõe o art. 33, § 2º, “c” e § 3º do CP.

A pena de multa resta fixada em **20 dias-multa, à razão de 1//30 do salário mínimo nacional** vigente ao tempo do fato, a ser devidamente atualizado monetariamente, quando da execução.

Pena de multa

privativa de liberdade

Diante do que dispõe os arts. 43/47, do Código Penal, cuja nova redação foi determinada pela Lei 9.714/98, substituo a pena privativa de liberdade cominada ao réu, pela pena restritiva de direitos de prestação de serviços à comunidade, a qual consiste na atribuição de tarefas gratuitas aos condenados, a ser cumprida em entidades assistenciais, hospitais, escolas, orfanatos, e outros estabelecimentos congêneres, em programas comunitários ou estatais, considerando-se as aptidões do mesmo, à razão de uma hora de tarefa por dia de condenação, fixadas de modo a não prejudicar a jornada normal de trabalho.

A pena restritiva de direitos terá a mesma duração da pena privativa de liberdade substituída, consoante disposição do art. 55, do Código Penal, cuja redação foi alterada pela Lei 9.714/98.

Diante do exposto, **dou parcial provimento ao apelo da defesa**, para afastar a incidência da qualificadora do emprego de chave falsa, redimensionando a

pena, conforme exposto, e **dar provimento ao apelo da acusação**, condenando o réu como incurso nas sanções do art. 311 do CP.

DES. ROQUE MIGUEL FANK (PRESIDENTE E REVISOR) - De acordo.

DRA. MARLENE LANDVOIGT - De acordo.

DES. ROQUE MIGUEL FANK - Presidente - Apelação Crime nº 70020430138, Comarca de Antônio Prado: "DERAM PARCIAL PROVIMENTO AO APELO DA DEFESA, PARA AFASTAR A QUALIFICADORA DO EMPREGO DE CHAVE FALSA DO PRIMEIRO FATO, E DERAM PROVIMENTO AO APELO DA ACUSAÇÃO, CONDENANDO O RÉU COMO INCURSO NAS SANÇÕES DO ART. 311 DO CP. UNÂNIME."

Julgador(a) de 1º Grau: SILVIO VIEZZER

FURTO. PROVA. PALAVRA DE TESTEMUNHA PRESENCIAL E DO POLICIAL. VALOR. Do mesmo modo como se vê a palavra da vítima, ou até mais, a declaração de testemunha, que presenciou o delito, em termos de prova convincente, prepondera sobre a do réu. Esta preponderância resulta do fato de que uma pessoa, sem desvios de personalidade, não irá acusar outro da prática de um delito, quando isto não ocorreu. Quanto aos policiais que participam das diligências, os Tribunais, inteligente, lógica, razoável, aceitam, como prova bastante, seus depoimentos. Eles são examinados pelos elementos que contém, confrontando-os com as outras provas ou indícios obtidos na instrução, bem como discutindo a pessoa do depoente. Se esta prova sobrevive depois desta análise, ela é forte para a condenação, não importando quem a trouxe. Na hipótese em julgamento, duas pessoas presenciaram o recorrente e o menor furtando objetos do veículo da vítima e, inclusive, tentaram fazê-los devolver as coisas. O policial, alertado para o fato, diligenciou na residência do apelante e reouve os bens que foram entregues pela avó do mesmo.

FURTO QUALIFICADO. ROMPIMENTO DE OBSTÁCULO. EXAME QUE NÃO EXIGE AS CONDIÇÕES PREVISTAS NO ART. 159, § 1º, CPP. Deve-se fazer uma distinção entre exame e perícia, ambos comprovadores da materialidade de um delito. Enquanto o exame é um meio de obtenção da prova que se limita à mera observação, verificando eventuais vestígios deixados com a prática do crime, os indícios de como e em que lugar foi cometido o delito ou seus autores etc., a perícia é meio de prova em que a percepção ou a apreciação dos fatos exige conhecimentos técnicos, científicos ou artísticos de especialidade. Na hipótese, a própria peça probatória já delinea a questão: “auto de exame de furto qualificado”. Não é uma perícia, porque não exige conhecimento científico do perito; apenas a observação dos vestígios deixados pelo réu na prática do delito. Não se aplicam, portanto, as regras do artigo 159, § 1º, do

Código de P. reconhecimento do furto
 qualifica. **Especificação do crime** (art. 155, § 4º, I, CP).

DECISÃO: Apelo defensivo parcialmente provido. Unânime.

APEL

Agente cidadão

Nº 7001892000

SÉTIMA CÂMARA CRIMINAL

Ambiente - espaço

COMARCA DE IJUÍ

EMANUEL SEVERO DE OLIVEIRA

APELANTE

MINISTÉRIO PÚBLICO

APELADO

Agente estado

ÓRDÃO

Vistos, relatados e discutidos os autos.

Acordam os Desembargadores integrantes da Sétima Câmara Criminal do Tribunal de Justiça do Estado, à unanimidade, em dar parcial provimento ao apelo, para substituir a prestação pecuniária substitutiva por dez dias – multa no valor unitário mínimo.

Custas na forma da lei.

Agente Estado

Participaram do julgamento, os eminentes Senhores **DES. MARCELO BANDEIRA PEREIRA (PRESIDENTE E REVISOR) E DES. ALFREDO FOERSTER.**

Porto Alegre, 26 de abril de 2007.

DES. SYLVIO BAPTISTA NETO,
Relator.

RELATÓRIO

DES. SYLVIO BAPTISTA NETO (RELATOR)

crime cometido

Parâmetro desutilidade

1. Emanuel Severo de Oliveira foi denunciado como incurso nas sanções do art. 155, § 4º, I e IV, do Código Penal, (denúncia recebida em 26 de setembro de 2005), e, após o trâmite do procedimento, condenado às penas de três

anos de reclusão, substituída, e multa. Disse a peça acusatória que, no dia 10 de setembro de 2004, na rua Carlos Gomes, acompanhado de um adolescente (Jonatã Dias), e mediante **Pena de prisão e multa** do veículo GM Corsa, placa CLQ 4952, de propriedade de Ênio Edmundo Kirst, furtou do interior do automóvel, uma carteira com documentos, cheques e R\$ 10,75, e um rádio com cd, avaliado em R\$ 620,00.

Inconformada com a decisão, a Defesa apelou. Em suas razões, o Defensor pediu a absolvição do recorrente face à insuficiência da prova, para impor uma condenação. Alternativamente, requereu a nulidade dos exames periciais, desclassificação da infração para a modalidade simples e redução das penas. Em contra-razões, o Promotor de Justiça se manifestou pelo reconhecimento da menoridade na fixação da punição.

Nesta instância, em parecer escrito, o Procurador de Justiça opinou pelo desprovimento do recurso.

VOTOS

DES. SYLVIO BAPTISTA NETO (RELATOR)

2. O apelo não procede. A prova, conforme salientou o ilustre Julgador, Dr. Osmar Aguiar Pacheco, mostrou-se segura a respeito da existência do furto qualificado pelo rompimento de obstáculo e concurso de agentes e o seu co-autor, o recorrente.

Tendo em vista que os argumentos do recurso já foram examinados, e rebatidos, na decisão de primeiro grau, permito-me transcrever a fundamentação da sentença. Em primeiro lugar, porque com ela concordo. Depois, fazendo-o, homenageio o trabalho do colega e evito a tautologia. Disse o Magistrado:

“A materialidade encontra-se...

A autoria foi negada. Contudo, o denunciado, no interrogatório, caiu em contradição. Disse que nada sabia sobre sua avó ter entregue os objetos furtados. Já nas declarações prestadas no investigativo policial, Emanuel afirmou que desconheceria a

procedência dos bens entregues pela avó e que estaria na companhia de Jonatã, pois estaria indo prestar serviço comunitário.

De toda sorte, sequer há necessidade de se dar maior relevância à contradição do Acusado, o que certamente lhe indicia a culpa por si só.

Ainda na fase policial, Sandro Telmo reconheceram Emanuel e o adolescente Jonatã como sendo as pessoas que estavam carregando o rádio subtraído da vítima Ênio. Tal reconhecimento foi feito através de fotografias. Telmo, quando presenciou os fatos, perguntou aos indivíduos de onde eles tinham tirado os objetos que carregavam, ao que foi respondido textualmente: “roubemos (sic) de um carro ali em baixo.” Telmo, então, pediu para que eles lhe entregassem os objetos, pois encontraria o dono e devolveria os mesmos. Foi quando Sandro pegou o telefone para ligar para a polícia e os indivíduos então saíram correndo, sendo que um deles ainda disse: “Tá loco meu, não chama os homens.”

Em juízo, Sandro confirmou ter visto dois rapazes passarem correndo carregando uma sacola e um aparelho reproduzidor de discos digitais. E mais, reconheceu, antes de ingressar na sala de audiências, Emanuel como um dos ladrões.

Telmo, que estava na companhia de Sandro, prestou o testemunho no sentido de que estava falando em um telefone público a uma distância entre 70 e 80 metros do veículo arrombado. Viu o arrombamento feito por duas pessoas, precisamente a porta do automóvel aberta quando os ladrões saíram com um aparelho de som nas mãos. E o Réu também foi reconhecido na audiência como um dos indivíduos que viu e que tentou falar para que devolvesse o aparelho automotivo.

O policial José Renato testemunhou que, após tomar conhecimento dos fatos, deslocou-se até a residência de Emanuel, oportunidade em que a avó dele, Gomercinda, disse que seu neto Emanuel havia chegado em casa correndo, tendo deixado um rádio em cima da cama e escondido os documentos da vítima no interior de um fogão velho nos fundos da casa.

Já a avó, embora tenha dito em juízo que não sabia o que dissera na Delegacia de Polícia - provavelmente na tentativa de proteger seu neto -, apresentou importantes declarações para a autoridade policial no mesmo dia furto, 10 de setembro de 2004. Com clareza afirmou que, na ocasião, “por volta das 14h, chegou em sua casa seu neto Emanuel, o qual entrou dentro do quarto e saiu com uma sacola de cor preta, tipo executivo, e perguntou: “vó a polícia anda atrás de mim?” A depoente respondeu que não sabia. Em torno de meia hora após, Emanuel retornou à residência e estava muito nervoso, voltando a referir que a polícia andava atrás dele, dizendo que havia deixado “umas coisas” dentro do fogão e que não

era para contar pra ninguém e saiu novamente. Como, logo após, a Polícia Civil esteve na casa da depoente indagando de Emanuel e se este não tinha deixado nada em casa, a depoente entregou a sacola que estava dentro do fogão a gás que fica fora da residência”.

Além do depoimento das testemunhas, vale a circunstância, como bem apontou o *parquet*, de que parte das *res furtivae* foi apreendida na residência do Acusado, o que cria a presunção de autoria e faz inverter o ônus probatório, do qual o Réu não se desincumbiu, restando sem suporte probatório suas declarações, as quais, saliente-se, foram divergentes nas duas oportunidades em que foi ouvido.

Vale o precedente: “...

Destarte, a prova indica claramente a autoria de Emanuel.

Passando à tipicidade, a prova produzida, como visto, foi no sentido de que o Réu subtraiu os objetos descritos na denúncia na companhia de outro indivíduo. Para tanto, tiveram de arrombar o veículo onde as coisas estavam, tanto é que a vítima, Ênio, confirmou que os ladrões danificaram o vidro do veículo e a maçaneta ficou estragada. De tal sorte, estando com o Acusado a vontade livre e consciente para atingir o resultado, incorreu na conduta descrita no art. 155, I e IV, do Código Penal.”

3. Correta, repito, a decisão judicial valorando as palavras das testemunhas presenciais, que informaram sobre os ladrões e do policial, que, alertado, diligenciou na apreensão das coisas furtadas na residência do apelante. A respeito, defendo:

“Do mesmo modo como se vê a palavra da vítima, a declaração de testemunha, que presenciou o delito, em termos de prova convincente, prepondera sobre a do réu. Esta preponderância resulta do fato de que uma pessoa, sem desvios de personalidade, nunca irá acusar desconhecido da prática de um delito, quando isto não ocorreu. E quem é acusado, em geral, procura fugir da responsabilidade de seu ato. Tratando-se de pessoa idônea, sem qualquer animosidade específica contra o agente, não se poderá imaginar que ela vá mentir em Juízo e acusar um inocente.” (ex., Apelação 70006876148).

“Os Tribunais, de forma inteligente, lógica e razoável, aceitam, como prova bastante, o depoimento dos policiais envolvidos nas diligências para apuração dos fatos. Examina-o pelos elementos

que contém, confronta-o com as outras provas ou indícios obtidos na instrução e discute-se a pessoa do depoente. Se a prova sobrevive depois desta análise, ela é forte para a condenação, não importando quem a trouxe.” (ex., Apelação 70008512840).

E também sobre a perícia que constatou o rompimento da janela do veículo:

“Deve-se fazer uma distinção entre exame e perícia, ambos comprovadores da materialidade de um delito. Enquanto o exame é um meio de obtenção da prova que se limita à mera observação, verificando eventuais vestígios deixados com a prática do crime, os indícios de como e em que lugar foi cometido o delito ou seus autores etc., a perícia é meio de prova em que a percepção ou a apreciação dos fatos exige conhecimentos técnicos, científicos ou artísticos de especialidade. Na hipótese, a própria peça probatória já delinea a questão: “auto de exame de furto qualificado”. Não é uma perícia, porque não exige conhecimento científico do perito; apenas a observação dos vestígios deixados pelo réu na prática do delito. Não se aplicam, portanto, as regras do artigo 159, § 1º, do Código de Processo Penal. Reconhecimento do furto qualificado pelo rompimento de obstáculo (art. 155, § 4º, I, CP).” (ex., Apelação 70012611935).

4. Inalterável também a punição imposta ao recorrente, três anos de reclusão e multa. Elas estão em consonância com as circunstâncias judiciais do artigo 59 do Código Penal, em particular a primeira, tendo em vista que o furto está duplamente qualificado.

Sobre a não aplicação da atenuante da menoridade, que mantenho, digo que a ausência de prova sobre a idade do apelante impede o reconhecimento do benefício. Este é o teor da Súmula 74 do Superior Tribunal de Justiça, “*para efeitos penais, o reconhecimento da menoridade do réu requer prova por documento hábil*”, que reflete os julgamentos dos Tribunais Superiores:

“Para que se diminua pela metade o prazo prescricional, em razão da menoridade, é preciso que esta esteja devidamente comprovada, não bastando, para caracterizá-la, a simples alegação

da parte." (STF, RTJ 78/227). "A menoridade, para os efeitos previstos no art. 115 do CP, não basta ser alegada pelo paciente, sendo necessário, para o seu reconhecimento, que ela esteja documentalmente comprovada nos autos." (STF, RTJ 79/74). "Criminal. Menoridade do réu. Só pode ser reconhecida através de seu registro de nascimento ou outra prova hábil" (STF, RE 106.458-7). "Prescrição. Comprovação da idade. A menoridade, para fins de prescrição da pena, deve ser comprovada por meio de documento, não bastando, para isso, a simples alegação contida no termo de interrogatório." (STJ, RSTJ 3/279). "Prescrição punitiva. Menor de vinte e um anos. Comprovação da idade. Comprovado, através de documento oficial, que o réu era menor de vinte e um anos de idade à época do fato delituoso, deve ser aplicado o art. 115 do Código Penal vigente, reduzindo-se à metade o prazo prescricional." (STJ, RSTJ 3/279).

O único reparo a fazer é na quantidade da prestação pecuniária que, considerando a situação econômica do condenado e sua idade, está exagerada, R\$ 600,00. Não terá como suportá-la o que, obviamente, faria cumprir a pena de prisão. Reduzo-a para uma multa de dez dias-multa em valor unitário mínimo.

5. Assim, nos termos supra, dou parcial provimento ao apelo, para substituir a prestação pecuniária para dez dias-multa no valor unitário mínimo.

DES. MARCELO BANDEIRA PEREIRA (PRESIDENTE E REVISOR) - De acordo.

DES. ALFREDO FOERSTER (VOGAL) - De acordo.

DES. MARCELO BANDEIRA PEREIRA - Presidente - Apelação Crime nº 70018928853, Comarca de Ijuí: "À UNANIMIDADE, DERAM PARCIAL PROVIMENTO AO APELO, PARA SUBSTITUIR A PRESTAÇÃO PECUNIÁRIA SUBSTITUTIVA POR DEZ DIAS - MULTA NO VALOR UNITÁRIO MÍNIMO."

Julgador(a) de 1º Grau: OSMAR DE AGUIAR PACHECO

ANEXO G – TABELAS DE INDICADORES

Tabela 8 – Indicadores e dados de fontes externas

INDICADORES E DADOS DE FONTES EXTERNAS			
INDICADORES POPULACIONAIS		FONTE	ANO
População do Estado do Rio Grande do Sul	10.749.595	www.fee.rs.gov.br	2005
População de Porto Alegre	1.405.811	www.fee.rs.gov.br – 2005	2005
Efetivo Policia Militar	23.412	www.mj.gov.br/Senasp/data	2004
Percentual pop. Porto Alegre/RS -	13,08%		
Número de policiais por Habitantes por Policial (RS)	1/459	www.cnj.gov.br	2007
Número de policiais por habitante (índice ONU)	1/250		
Taxa de crescimento populacional RS md anual	1,23	www.ibge.gov.br	1991 a 2000
Taxa de crescimento frota de veículos (média)	9,89	www.anfavea.com.br	2008
INDICADORES CRIMINAIS			
Furto de veículos	4.985	www.ssp.rs.gov.br/	2005
Roubo de veículos (subtrair mediante ameaça)	7.974	www.ssp.rs.gov.br/	2005
Total de Crimes	12.959		
INDICADORES DE VALOR/ RENDA			
Custo total policia militar RS	R\$ 607.298.766,00	www.mj.gov.br/Senasp/data	2004
PIB per capita	R\$ 10.520,00	www.rs.gov.br	2005
renda média mensal cidadão PIB / 12	R\$ 876,67	www.rs.gov.br	2007
salário inicial soldado - policiamento ostensivo	R\$ 783,43	www.rs.gov.br	2007

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 9 – Veículos licenciados por ano e evolução da frota de Porto Alegre

TOTAL DE VEÍCULOS LICENCIADOS POR ANO - Brasil			
FONTE: http://www.anfavea.com.br/tabelas.html - Acesso em março 2008			
ANO	VENDAS	VA %	MEDIA
2007	2.462.728,00	27,75	
2006	1.927.738,00	12,43	
2005	1.714.644,00	9,62	
2004	1.564.169,00	18,96	
2003	1.314.888,00	-4,94	
2002	1.383.232,00	-2,79	
2001	1.422.966,00	8,19	
2000	1.315.303,00		9,89

EVOLUÇÃO FROTA DE VEICULOS PORTO ALEGRE		
Disponível em : http://www.denatran.gov.br - Acesso em março 2008		
ANO	QTDE	Var. Percentual
2003	518.351	3,59
2002	500.384	3,83
2001	481.914	6,14
2000	454.032	41,32
1999	321.284	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 10 – Evolução da frota de veículos do Rio Grande do Sul

EVOLUÇÃO FROTA DE VEICULOS RIO GRANDE DO SUL		
Disponível em : http://www.denatran.gov.br - Acesso em março 2008		
ANO	QTDE	Var. Percentual
2003	3076512,00	6,66
2002	2884540,00	6,59
2001	2706175,00	7,16
2000	2525378,00	-12,99
1999	2902378,00	5,12
1998	2761088,00	4,94
1997	2631035,00	6,86
1996	2462046,00	7,37
1995	2293057,00	6,59
1994	2151297,00	7,02
1993	2010121,00	5,00
1992	1914401,00	4,92
1991	1824613,00	15,23
1990	1583448,00	

Fonte: Elaborado pelo autor.

ANEXO H - CÁLCULO DO INTERVALO DE CONFIANÇA

O objetivo do intervalo de confiança é fazer uma estimativa da proximidade do valor obtido no experimento com o valor real da média da população. Neste sentido, calcula-se o intervalo considerando uma confiança estabelecida de $1 - \alpha$, sendo α o coeficiente de erro admitido pelo experimento.

No caso, assumiu-se como $\alpha = 0,05$, ou seja, o intervalo de confiança foi calculado em 95%.

O intervalo de confiança é obtido por:

$$\mu = [x - h, x + h]$$

Onde:

μ : média da população

x : estimativa da média populacional

h : semi-intervalo (meio comprimento do intervalo de confiança; half-width)

Obtenção de h :

$$x = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$$

Onde n = número de elementos da amostra.

O semi-intervalo é obtido, portanto:

$$h = t_{n-1, 1-(\alpha/2)} * S(x)$$

$S(x)$ é a medida de dispersão dos dados da amostra (replicações) em relação à média x .

O valor t de Student é utilizado em face de a amostra ser pequena, ou $n < 30$.

Assim, tem-se que:

$$S(x) = \sqrt{S^2(x)}$$

$$S^2(x) = \frac{S^2(x')}{n}$$

Sendo que:

$$S^2(x) = \sum \frac{(x_i - x)^2}{n - 1}$$

Conforme visto, o presente teste considerou um grau de confiança de 95%, significando um risco (erro) $\alpha = 0.05$ (5%).

Pela tabela *t - student* : $t_{n-1, 1-(\alpha/2)} = t_{15-1, 1-(0,05/2)} = 2,145$

Portanto:

$$h = 2, 145 \cdot S(x)$$

Desta forma obtêm-se os intervalos para os experimentos realizados para os três níveis de renda: R\$ 415,00 , R\$ 1245 e R\$ 4150,00, considerando 15 replicações para cada percentual p de probabilidade de punição:

O tempo de simulação para atingir o *steady-state* no experimento equivale a um (01) ano.

Relativamente aos resultados obtidos, o efeito do *warm-up* foi incluído em todos os experimentos e desconsiderado para efeito de registro final das médias obtidas.

As tabelas 5,6 e 7 resumem os experimentos realizados. Cada tabela realiza 15 simulações para cada valor de probabilidade de punição, dentro do intervalo cujo limite mínimo é 20% e o limite máximo é 80%.

O experimento foi realizado para três níveis de renda: R\$ 415,00; R\$ 1250,00; R\$ 4150,00.

Os resultados estão tabulados segundo o seguinte critério:

x : média das taxas de criminalidade;

$S(x)$: desvio padrão da amostra;

h : intervalo de confiança calculado em 95%;

$x-max$: valor máximo do intervalo ($x + h$);

$x-min$: valor mínimo do intervalo ($x - h$).