

## ***Novas ordens econômicas no terceiro mundo: uma abordagem via sistemas dinâmicos***

José Roberto Castilho Piqueira

Professor Titular do Departamento de Telecomunicações e Controle

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

### **Resumo**

O chamado terceiro mundo depara-se, hoje, com uma situação de pobreza e desemprego alarmantes, levando-nos a pensar se as novas ordens neo-liberais, tidas como a panacéia para a resolução dos problemas mundiais, não estariam levando as sociedades mais pobres ao verdadeiro colapso social, criando uma situação de instabilidade estrutural nas interações entre os agentes econômicos e populações.

Os modelos matemáticos em voga no estudo dos problemas econômicos e apresentados como respaldo para as soluções técnicas adotadas parecem ser de uma linearidade e simplicidade exageradas, desconsiderando, talvez, grandezas e parâmetros com variações imperceptíveis.

Entretanto, dada a efetiva não-linearidade dos problemas reais, essas pequenas variações de condições iniciais e parâmetros geram, provavelmente, comportamentos qualitativamente diferentes dos esperados na modelagem, deixando as administrações públicas à mercê do acaso e a população, da insegurança do que possa ser seu próximo dia.

Este ensaio pretende apresentar algumas questões já consideradas clássicas para problemas de Física, Matemática e, até, para problemas de Biologia, tentando transpô-las para a análise de questões econômicas, chamando a atenção para o potencial que as ferramentas de análise de sistemas dinâmicos não-lineares e adaptativos complexos têm no estudo de modelos econômicos e sociais.

Talvez essas estratégias teóricas sejam vistas com ceticismo no que diz respeito ao trato de questões tão práticas e complexas, entretanto, a penúria à nossa volta anda tão grande que qualquer pensamento deve ser considerado, mesmo que, aparentemente, desconexo.

### **Introdução**

Parte considerável dos economistas e políticos do Brasil, nas décadas de 60,70 e 80, sustentava a argumentação de que o desenvolvimento econômico, impulsionado pela industrialização iria, ao longo do tempo, diminuir as disparidades na distribuição da renda. Diziam os ideólogos da época: “é preciso deixar crescer o bolo para, depois, reparti-lo”.

O bolo cresceu, o parque industrial tornou-se competitivo, apoiado em um regime político que, através do Estado, investiu o dinheiro público em imensos complexos de geração, transmissão e distribuição de energia, telecomunicações e rodovias, infra-estrutura essencial para que a indústria crescesse, gerando divisas e empregos.

O resultado, não precisa ser um grande observador para avaliar. A pobreza continuou a crescer, apesar de algum progresso da classe média, apoiada no sonho da casa própria e do carro para o passeio familiar.

A eletrônica evoluiu e a digitalização de seus principais processos trouxe a era da globalização da informação, tornando parte da indústria, parques robotizados e transformando hordas de operários especializados em exércitos de desempregados, em todo mundo.

Parece que os países economicamente mais fortes requalificaram sua mão de obra, investindo na indústria de serviços e, principalmente, no desenvolvimento, operação e manutenção de ferramentas computacionais para as diversas atividades industriais, deixando para os outros a indústria poluente e a atividade de especulação financeira, transferindo capitais de país para país, de acordo com as taxas que cada um deles pode pagar, em cada dia .

Embragados pela perspectiva de viver um pseudo primeiro mundo, o governo brasileiro vendeu seu parque de telecomunicações, de energia e de siderurgia de maneira, no mínimo, obscura para a população, transformando um patrimônio, construído ao longo de décadas, em artigo de liquidação.

Nós, engenheiros e cientistas, pouco participamos disso, pois nossa sociedade não está habituada a ouvir seus especialistas de qualidade. Em geral, acredita nos oportunistas de regras fáceis e nos lobos estrangeiros, sempre bem preparados para vender-nos soluções milagrosas.

Talvez esteja na hora de providenciar um basta, tirando do armário os cientistas preparados que temos, que não são poucos e ouvindo suas opiniões que, supostamente, são baseadas em uma metodologia não subjetiva e desinteressada.

Por isso, resolvi aceitar o convite e escrever este ensaio sobre uma idéia já batida e discutida em alguns textos de economia ([1]), de que sistemas econômicos são complexos, constituídos de muitas partes, fortemente acopladas. A dificuldade de modelagem desse tipo de sistema é evidente, o que não invalida a esperança e a tentativa, principalmente com a capacidade computacional disponível e com as ferramentas analíticas em desenvolvimento para esse tipo de caso.

Iniciarei com a formulação abreviada do problema sócio-econômico para os países como o Brasil e, em seguida, discutirei algumas particularidades dos sistemas dinâmicos complexos e adaptativos. Concluirei, tentando estabelecer uma linha de trabalho para simulações de sistemas de grande porte, não-lineares e com grande número de variáveis de estado e parâmetros, como, supostamente, é nosso sistema de economia política.

## **O problema de economia política nos países pobres**

Não é possível pensar um problema econômico como se fosse um simples projeto de engenharia monetária ([2]), uma vez que projetos econômicos são, via de regra, sociais e qualquer política social, técnica e moralmente adequada, deve considerar a multidisciplinaridade da questão.

Uma atitude científica em economia política não pode deixar de levar em conta importantes fatores biológicos, culturais e psicológicos que, ao lado da matemática, são essenciais na construção e validação dos modelos.

O sistema, antes de ser visto como um todo, deve ser formado por componentes biológicos, culturais, políticos e econômicos, regido pelas ciências sociais, por um sistema de valores e um código social.

Os componentes biológicos são relativos às políticas de saneamento, preservação do ambiente e da qualidade de vida bem como às questões de saúde pública, tão prementes em nosso país. Os culturais referem-se à educação científica, tecnológica, humanística e artística.

As questões de ordem política são aquelas relativas à forma de governo, forças armadas e estrutura de poder. Assim, as variáveis econômicas resultam da forte interação desses quatro sistemas, suas condições de contorno e dos elementos normativos.

Além disso, não há, nos dias de hoje, como desconsiderar a forte influência da saúde econômica de uma nação sobre a da outra e da atuação dos grupos de nações mais ricas.

A análise, ainda que superficial das idéias acima, revela que estamos diante de um sistema de muitas variáveis, com possíveis não linearidades e, portanto, com um todo que não se comporta como simples composição das partes e com possíveis mecanismos de auto-organização, para situações longe do equilíbrio ([3],[4]).

Assim, as primeiras tentativas de formalização matemática, através da teoria dos jogos ([5]), dos problemas relacionados com o comportamento de sistemas econômicos foram frustradas pela dificuldade de avaliação, em escalas uniformes, de um grande número de variáveis heterogêneas como lucro, risco, expectativa de vida, mortalidade infantil e índice de alfabetização, entre outras ([6]).

Em particular, para países como o Brasil, modelos monetaristas desconsideram que a população é precariamente atendida sob todos os aspectos biológicos, que as industriais, em geral, têm uma atitude irresponsável em relação à preservação ambiental, que, embora tenhamos uma constituição elaborada com requintes e cuidados de primeiro mundo, seu cumprimento deixa a desejar e, talvez mais crucial ainda, não há políticas de educação e de reciclagem adequadas. A desconsideração desses fatos na análise de qualquer política econômica só leva a soluções paliativas para a moeda com conseqüências de longo prazo desastrosas para todos.

Na figura 1, esboço um modelo para um projeto econômico para países como o Brasil, resultado do detalhamento das idéias apresentadas por Bunge ([2]) para, após discutir idéias gerais sobre sistemas dinâmicos, no próximo item, retomá-lo no item final, para o estabelecimento do que chamarei, aqui, de plano de trabalho.

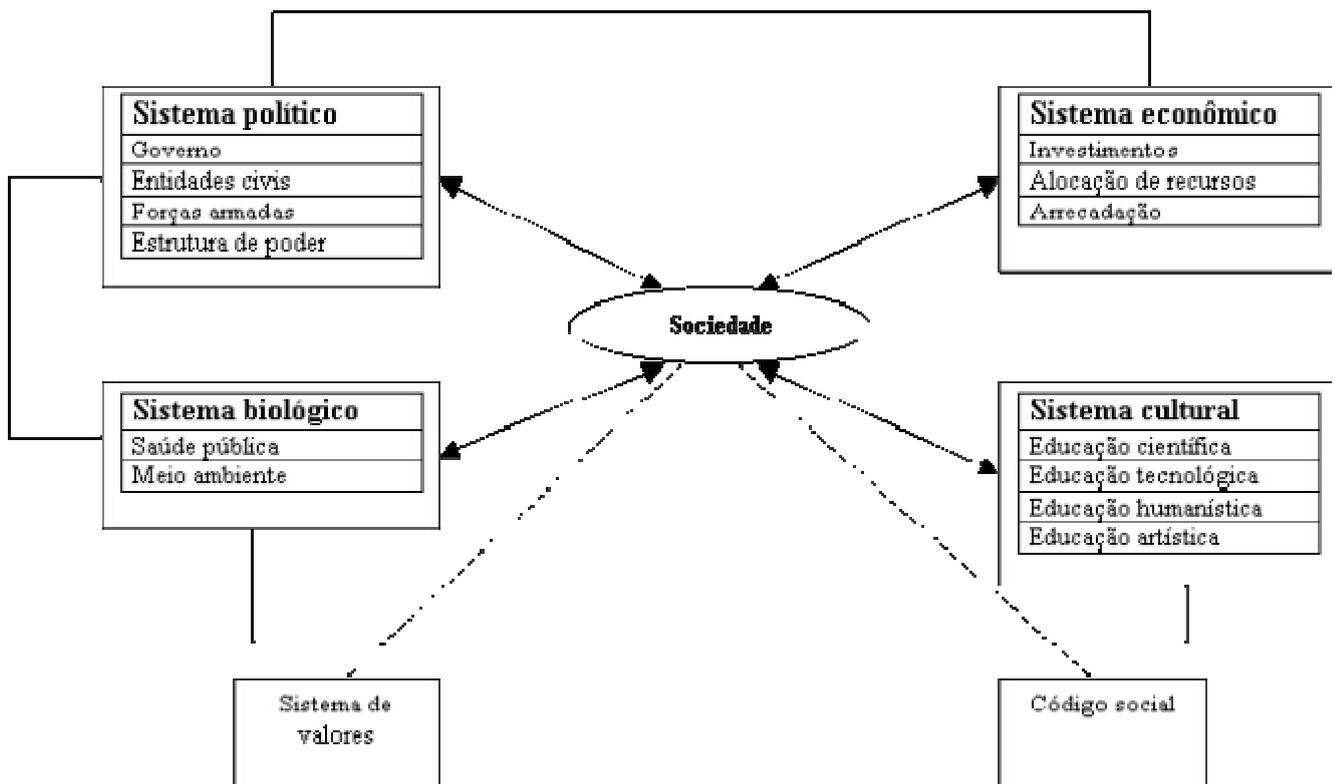


figura 1 – Um esboço de sistema econômico

No sistema proposto, há que escolher com cuidado as variáveis de estado importantes na dinâmica do conjunto, para que as simulações sejam conduzidas satisfatoriamente, dando indícios dos pontos importantes do modelo e de sua verossimilhança.

Como, provavelmente, trata-se de um sistema dinâmico não linear a abordagem que estou propondo é a da Teoria dos Sistemas Dinâmicos ([7]), através de equações diferenciais ordinárias acopladas e, no item seguinte, ocupo-me de descrever essa abordagem.

### Sistemas Dinâmicos: Estabilidade estrutural e bifurcações

O estabelecimento de equações para modelar processos naturais é busca antiga do homem, e talvez tenha começado a ter sucesso na proposição das Leis de Newton da Mecânica. Basta conhecer o estado inicial de um sistema e todas as forças que nele atuam para que todo comportamento futuro esteja univocamente determinado pela resolução das equações provenientes dessas leis ([8]).

A natureza determinística dessa metodologia, aplicada com sucesso a uma imensa quantidade de problemas reais, popularizou o sonho da matematização do universo pelos cientistas. O obsessivo desejo do homem de prever e manipular o futuro encontrava nessas teorias a esperança de realização ([9]).

Ao longo dos séculos XVIII e XIX, físicos e matemáticos aprimoraram o uso das Leis de Newton, desenvolvendo métodos eficientes para a resolução dos mais diversos tipos de equações diferenciais, originárias, fundamentalmente, dos problemas de Mecânica. Entretanto isso não atraiu os pesquisadores de outras áreas para o uso dessas metodologias. Dois pontos pareciam faltar para compatibilizar essas idéias com os processos biológicos, sociais e culturais que, efetivamente, nos rodeiam: o imponderável e o complexo .

Que espaço sobriaria para o imponderável cotidiano social e cultural ou para o complexo cotidiano das ciências biológicas? Como considerar esses fatos nas equações? E, mais ainda, as Leis de Newton consideram situações totalmente reversíveis, não levando em conta as marcas do tempo.

Nesse contexto, a teoria dos sistemas dinâmicos, versão evoluída dos métodos de resolução de equações diferenciais, desempenha papel fundamental e sua ação tem início na conjectura do início do século XX, devida a Poincaré, de que sistemas mecânicos descritos por equações de caráter determinístico podem apresentar comportamentos imprevisíveis e, aparentemente, aleatórios ([10]).

Essa conjectura, correta para sistemas não lineares, com a ajuda dos métodos computacionais, produziu aquilo que se popularizou como teoria do caos, caso particular da teoria das bifurcações dos sistemas dinâmicos. A teoria de bifurcações trata os sistemas dinâmicos como famílias de equações diferenciais parametrizadas e observa que variações nos parâmetros produzem mudanças qualitativas nas soluções, sem que o formato original das equações seja alterado .

São esses pontos que podem ser indicativos da adequação da teoria dos sistemas dinâmicos aos problemas complexos dos modelos econômicos. As equações podem, de alguma forma, levar em conta os comportamentos imponderáveis e complexos, e questões como variabilidade, adaptação e emergência talvez possam ser modeladas como influências de parâmetros na qualidade das soluções .

Aqui surge uma questão importante de uniformização de linguagem. Entende-se por parâmetro de um processo ou modelo, uma variável cuja taxa de variação a ser considerada é desprezível. Por outro lado, as chamadas variáveis de estado são aquelas cuja taxa de variação não pode ser desprezada no processo ou modelo em estudo.

Assim, uma mesma variável de um dado processo ou modelo pode ser considerada um parâmetro ou uma variável de estado, dependendo da escala temporal adotada. Esse é outro aspecto que complica o uso das ferramentas habituais de matemática nos modelos biológicos e, principalmente, nos econômicos.

A proposta de abordagem do sistema representado na figura 1 consiste em estabelecer, para cada bloco, equações diferenciais ordinárias a parâmetros, representativas de sua dinâmica. Além disso, se faz necessário estabelecer acoplamentos entre os diversos blocos, através de parâmetros ou variáveis que representem suas interações.

O sistema a ser obtido será, em princípio, de grande dimensão, o que não o torna intratável, ao menos computacionalmente, sendo importante separar a parte linear, qualitativamente simples de ser estudada, da não linear e, a esta, aplicar o conceito de estabilidade estrutural e bifurcação ([11]).

Os conjuntos de parâmetros correspondentes à manutenção do tipo de solução implicam estabilidade estrutural para o sistema modelado. Aqueles que correspondem a mudanças abruptas no tipo de solução implicam bifurcação.

A idéia é, através da modelagem matemática, verificar para um sistema como o da figura 1 os parâmetros cujas mudanças são decisivas para a mudança na qualidade dos processos biológicos, culturais, econômicos e políticos, proporcionando à população níveis aceitáveis de qualidade de vida e satisfação de necessidades .

Completo este item ressaltando a já citada dificuldade de discernir entre variável de estado e parâmetro em processos de escalas temporais tão distintas e, além disso, acrescento a complexidade que advém das não linearidades e o problema da irreversibilidade, inerente a qualquer processo biológico, social ou econômico.

### **Simulação de sistemas de grande porte: um plano de trabalho**

Há várias tentativas de modelar a questão da desigualdade social através da medida da entropia informacional, relativa à distribuição da renda, per capita([12]). Essas tentativas são interessantes e permitem alguma formalização dos conceitos relativos a comparações entre os níveis de vida entre as diversas comunidades, com resultados objetivos sobre questões como fome e privação([13]).

Acredito que estudar o problema da desigualdade social através dos métodos supracitados é objeto de trabalho útil para a análise de questões pertinentes ao interesse dos países, como o Brasil, em que essa questão é das mais prementes, dada a grande e crescente quantidade de excluídos.

Entretanto, não discutirei esse enfoque por considerar que ele dá uma visão pontual e estática do problema. Pontual, pois aborda apenas uma questão, sem desdobrá-la, adequadamente, nas implicações biológicas, políticas, culturais, econômicas e valorativas. Estática, pois aborda uma visão instantânea dos sistemas propostos, sendo difícil, através dessa análise, estudar as evoluções temporais das variáveis envolvidas.

Prefiro propor um trabalho fundamentado no sistema dinâmico complexo representado na figura 1 e, consciente da impossibilidade de dar um tratamento analítico adequado, proponho simulá-lo, tratando-o como um sistema de múltiplos agentes, utilizando programação voltada a objetos ([14]). Acredito que, dessa forma seja possível pesquisar situações de não equilíbrio com modelos computacionais baseados na dinâmica de estados relacionados com agentes ([15]).

Podem ser considerados como agentes, de acordo com a figura 1, pessoas, grupos de pessoas ou entidades definidos por seus estados internos e regras de comportamento, aparecendo, aqui, o primeiro problema para a viabilização de um estudo como o que está sendo proposto: como escolher os agentes, definir suas variáveis de estado e suas regras de evolução dinâmica.

Além disso, a simulação de sociedades artificiais pressupõe que a vida se passa em um certo ambiente sendo, portanto, necessário que sejam definidos os pontos do diagrama da figura 1 correspondentes a variáveis ambientais, suas interações com a sociedade e como mudam, ao longo do tempo.

Seguindo os blocos propostos, apresento, a seguir, um detalhamento preliminar do sistema artificial objeto de estudos, que requer uma análise mais detida e cuidadosa, caso as linhas gerais no momento descritas sejam adotadas para modelagem e análise.

### **Sociedade**

A ser composta de populações, agrupadas por etnias, densidades, renda, ocupação, escolaridade, taxas de natalidade e mortalidade e expectativa de vida saudável, de acordo com a realidade brasileira. Essas variáveis, cuja dinâmica deve ser modelada, devem ser, inicialmente, coletadas nos anuários do IBGE e em trabalhos de campo que se fizerem necessários.

As leis dinâmicas que as regem podem ser relacionadas aos diversos mecanismos ambientais como oferta, custo e benefício da educação em todos os níveis, oferta, custo e benefício de serviços de saúde, qualidade da água, do ar e dos alimentos, organização da sociedade civil e oferta de empregos, entre outros.

### **Sistema Biológico**

Esse sistema constitui, ao mesmo tempo, um ambiente para a sociedade e um agente em interação constante com os sistemas político, econômico e cultural. Como variáveis que influenciam diretamente a sociedade podem ser apontadas a oferta, custo e benefício dos serviços de saúde e qualidade da água, do ar e dos alimentos.

Essas variáveis são conseqüências diretas de como o sistema político atua estabelecendo políticas de saúde, vigilância sanitária, saneamento básico, agricultura e pecuária e conservação ambiental e da biodiversidade.

O sistema político, representado, no que diz respeito às questões biológicas, pelo governo e pelas sociedades civis sofre influência direta do sistema econômico, em termos de alocação de recursos e investimentos e do sistema cultural, em termos de como o educação sobre essas questões é veiculada e assimilada pela população.

Há, ainda, o sistema de valores e o código social que, caso sejam esquecidos, poderão inverter valores e trocar prioridades, principalmente em países como o nosso em que a conservação da biodiversidade é de interesse mundial, recebendo veiculação e apoio financeiro, enquanto que nossas crianças fumam “crack” nas esquinas dos grandes centros urbanos.

### **Sistema cultural**

O sistema cultural opera de maneira semelhante ao biológico, do ponto de vista de sua ação e como ambiente para a sociedade. Suas variáveis de influência direta podem ser listadas como oferta, custo e benefício dos serviços de educação em todos os níveis, ressaltando-se, além disso, a educação humanística e artística como fatores imprescindíveis para a evolução e qualidade do convívio social.

Há, também, questões relacionadas com a reciclagem e atualização profissional, determinantes para que a vida útil do trabalhador, em geral, possa ser preservada, minimizando o desemprego e suas conseqüências.

O sistema político, representado, no que diz respeito às questões culturais, pelo governo e pelas sociedades civis sofre influência direta do sistema econômico, em termos de alocação de recursos e investimentos.

Há, ainda, o sistema de valores e o código social que definem estratégias de posicionamento das escolas, seus professores e funcionários na vida pública, ressaltando sua importância e definindo critérios de formação, recrutamento e remuneração para que as diversas fontes de cultura sejam democraticamente acessíveis à população.

### **Sistema político**

Acredito que esse seja o busílis ambiental para que uma sociedade como a brasileira possa ter suas desigualdades, pelo menos, atenuadas. Os critérios de definição e atuação da sociedade civil.

Uma sociedade civil organizada e criteriosa definirá formas de governo e de estruturação de poder compatíveis com as necessidades e carências da população. Assim, a questão de como o sistema político rege o sistema econômico e seus aportes sociais e culturais passa, sempre, pela análise das variáveis de estado relativas ao item "Sociedade", definido anteriormente.

Adotar variáveis ambientais, suas evoluções temporais e critérios para a análise constitui, talvez, a parte mais penosa e dispendiosa deste plano genérico de trabalho.

### **Sistema econômico**

Ao sistema econômico, mecanismo ambiental viabilizador de qualquer sistema político adotado, cabe a dinâmica de alocação de recursos, captação de investimentos internos e externos e de arrecadação de taxas e impostos.

Esse bloco é, efetivamente, um problema complexo de engenharia econômica, uma vez que a compatibilização dos ambientes biológico, cultural e político constitui um problema de otimização não linear, em um espaço de grande dimensão.

O simples balanço monetário das contas, embora seja parte do problema, não deve ser obtido à custa da depauperação da vida da sociedade e da degeneração dos sistemas biológico e cultural uma vez que isso implica custos talvez astronômicos que, se considerados nas equações, as desequilibram notoriamente.

### **Sistema de valores e código social**

Esta é a questão mais difícil de transformar em equações ou leis de evolução temporal e talvez a mais aflitiva para nossa sociedade atual.

Quais são nossos valores e, dentro disso, o que nossos códigos sociais, oficiais ou não, dizem sobre a conduta de cada indivíduo ou instituição ?

Melhor qualidade de vida, mais saúde, menos violência ou mais dinheiro, a todo custo?

### **Conclusão**

Apresentei idéias genéricas para o estudo e simulação de um sistema de economia política, tendo em mente uma visão dinâmica de variáveis de estado e de agentes, dentro de um certo ambiente.

Definir variáveis, critérios, fronteiras, agentes, agrupamentos e códigos é trabalho das ciências sociais que pode ser fortemente amparado pelas chamadas ciências exatas e biológicas.

Que tal colocarmos nossas mãos nessa obra?

## Referências

- [1] Waldrop, M.M. (1992) – “Complexity”, Penguin Books,Ltd., London
- [2] Bunge, M. (1985) – “Economía y filosofía”, Editorial Tecnos, S.A., Madrid
- [3] Piqueira, J.R.C. (1994) - *Não-Linearidades: Da Dinâmica do Simples à Dinâmica do Complexo*, Transformação - Revista de Filosofia – UNESP, pp 143-150, São Paulo.
- [4] Nicolis, G. & Prigogine, I. (1977) – “Self-Organization in Nonequilibrium Systems”, John Wiley and Sons – New York.
- [5] Von Neumann, J. & Morgenstern, O. (1943) - “Theory of Games and Economic Behavior” , Princeton University Press – Princeton.
- [6] Smith, J.M. (1982) – “Evolution and the Theory of Games”, Cambridge University Press – Cambridge.
- [7] Mainzer, K. (1994) – “Thinking in Complexity” , Springer-Verlag – Berlin.
- [8] Hirsh, M.W. & Smale, S. (1974) – “Differential Equations, Dynamical Systems, and Linear Algebra”, Academic Press – Orlando.
- [9] Piqueira, J.R.C. (1996) – *Biomatemática: Métodos e Limitações*, Transformação - Revista de Filosofia – UNESP, pp 141-150, São Paulo.
- [10] Ruelle, D. (1991) – “Chance and Chaos”, Princeton University Press – New Jersey.
- [11] Piqueira, J.R.C. (1996) – *Estabilidade Estrutural e Organização* – em “Auto-Organização”, editado por Debrun,M.; Gonzales, M.E.Q. & Pessoa Jr., O. – capítulo 7 – Coleção CLE – UNICAMP, Campinas-S.P.
- [12] Sen, A. (1997) – “On Economic Inequality” – Oxford University Press, Oxford.
- [13] Sen, A. (1981) – “Poverty and Famines” – Oxford University Press, Oxford.
- [14] Axelrod, R. (1997) – “The Complexity of Cooperation” , Princeton University Press, Princeton.
- [15] Epstein, J.M. & Axtell, R. (1996) – “Growing Artificial Societies” , The MIT Press , Cambridge.