



# PAPERS DO NAEA

ISSN 15169111

**PAPERS DO NAEA Nº 103**

**MODELOS EXPLICATIVOS PARA ANALISAR A  
DINÂMICA SOCIAL E ECONÔMICA NO SUL DO PARÁ**

**Armin Mathis**

**Belém, Agosto de 1998**

**O Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA)** é uma das unidades acadêmicas da Universidade Federal do Pará (UFPA). Fundado em 1973, com sede em Belém, Pará, Brasil, o NAEA tem como objetivos fundamentais o ensino em nível de pós-graduação, visando em particular a identificação, a descrição, a análise, a interpretação e o auxílio na solução dos problemas regionais amazônicos; a pesquisa em assuntos de natureza socioeconômica relacionados com a região; a intervenção na realidade amazônica, por meio de programas e projetos de extensão universitária; e a difusão de informação, por meio da elaboração, do processamento e da divulgação dos conhecimentos científicos e técnicos disponíveis sobre a região. O NAEA desenvolve trabalhos priorizando a interação entre o ensino, a pesquisa e a extensão. Com uma proposta interdisciplinar, o NAEA realiza seus cursos de acordo com uma metodologia que abrange a observação dos processos sociais, numa perspectiva voltada à sustentabilidade e ao desenvolvimento regional na Amazônia.

A proposta da interdisciplinaridade também permite que os pesquisadores prestem consultorias a órgãos do Estado e a entidades da sociedade civil, sobre temas de maior complexidade, mas que são amplamente discutidos no âmbito da academia.

**Papers do NAEA - Papers do NAEA** - Com o objetivo de divulgar de forma mais rápida o produto das pesquisas realizadas no Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA) e também os estudos oriundos de parcerias institucionais nacionais e internacionais, os Papers do NAEA publicam textos de professores, alunos, pesquisadores associados ao Núcleo e convidados para submetê-los a uma discussão ampliada e que possibilite aos autores um contato maior com a comunidade acadêmica.



## **Universidade Federal do Pará**

### **Reitor**

Cristovam Wanderley Picanço Diniz

### **Vice-reitor**

Telma de Carvalho Lobo

## **Núcleo de Altos Estudos Amazônicos**

### **Diretor**

Edna Maria Ramos de Castro

### **Diretor Adjunto**

Marília Emmi

## **Conselho editorial do NAEA**

Armin Mathis

Edna Ramos de Castro

Francisco de Assis Costa

Gutemberg Armando Diniz Guerra

Indio Campos

Marília Emmi

## **Sector de Editoração**

E-mail: [editora\\_naea@ufpa.br](mailto:editora_naea@ufpa.br)

Papers do NAEA: [Papers\\_naea@ufpa.br](mailto:Papers_naea@ufpa.br)

Telefone: (91) 3201-8521

Paper 103

Revisão de Língua Portuguesa de responsabilidade do autor.

# MODELOS EXPLICATIVOS PARA ANALISAR A DINÂMICA SOCIAL E ECONÔMICA NO SUL DO PARÁ

---

*Armin Mathis*

## **Resumo:**

O presente artigo é uma análise dos poucos trabalhos que não se negaram ao esforço de procurar um referencial teórico capaz de ajudar a ‘entender’ melhor o que está acontecendo na Amazônia. O segundo critério de seleção está ligado à criatividade ou, em outras palavras, à ousadia dos textos de recorrerem a novas formas de explicação, tentando levar assim adiante uma discussão teórica em andamento. Uma discussão teórica que é influenciada, no caso da Amazônia, sobretudo pela termodinâmica e a maneira como ela foi absorvida pelas ciências não-exatas. O marco inicial dessa discussão, sem dúvida, foi criado pelos trabalhos de Steven Bunker no início dos anos 80.

**Palavras-chave:** Modelos explicativos. Dinâmica social. Economia. Sul do Pará.

## Introdução

A mineração industrial que se iniciou na Amazônia com a extração de manganês, em 1953, desde então foi objeto de vários estudos que demonstraram os efeitos desestruturadores dessas ilhas de modernidade dentro de uma região caracterizada por uma organização social e econômica totalmente diferente da racionalidade de fins que se estruturou no ocidente<sup>1</sup>. Esse fenômeno, que não se restringe somente à Amazônia<sup>2</sup>, mostrou-se tão evidente que, além de gerar legislações específicas em vários países (colocando a mineração em terras habitadas por populações tradicionais sob um regime específico<sup>3</sup>), chamou até a atenção das Nações Unidas e do Banco Mundial, que adotaram resoluções específicas sobre a mineração em terras de povos tradicionais.

Embora exista um grande acervo de trabalhos científicos que descrevem os variados efeitos negativos que surgiram em consequência da implementação dos grandes projetos na Amazônia, a maioria dos trabalhos não passa de uma aplicação do bom senso e da experiência de vida como referencial teórico. São poucos os trabalhos que se colocam frente ao desafio de apresentar um referencial teórico capaz de explicar as mudanças que estão ocorrendo na região. Evidentemente que sem uma teoria, a capacidade de 'prever' modificações futuras é muito restrita, restringindo assim, também, o papel da ciência social de orientar, por exemplo, a política sobre futuros rumos que a sociedade poderia tomar.

O presente artigo é uma análise dos poucos trabalhos que não se negaram a esse esforço de procurar um referencial teórico capaz de ajudar a 'entender' melhor o que está acontecendo na Amazônia. O segundo critério de seleção está ligado à criatividade ou, em outras palavras, à ousadia dos textos de recorrerem a novas formas de explicação, tentando levar assim adiante uma discussão teórica em andamento. Uma discussão teórica que é influenciada, no caso da Amazônia, sobretudo pela termodinâmica e a maneira como ela foi absorvida pelas ciências não-exatas. O marco inicial dessa discussão, sem dúvida, foi criado pelos trabalhos de Steven Bunker no início dos anos 80. Antes

---

<sup>1</sup> Veja por exemplo, sobre a extração de manganês em Serra do Navio (Brito 1994), sobre o Projeto Jari (Pinto 1994) sobre a mineração de bauxita em Oriximiná (Castro & Amorin 1992), sobre Carajás (CPT 1995.).

<sup>2</sup> Veja por exemplo os estudos de caso sobre a Ok-Tedi Gold and Copper Mine em Papua Nova Guinea (Hettler 1995), Hettler & Lehmann (1995), sobre os Ogoni em Nigéria: Tamana (1995), Eilers (1995), sobre os impactos da mineração em Sibéria Sopotschina (1995).

<sup>3</sup> No caso do Brasil a mineração em terras indígenas depende além da autorização das tribos envolvidas e de uma aprovação do Congresso Nacional.

de apresentar esse pensamento, vamos lembrar os fundamentos básicos dessa nova abordagem: o conceito do enclave e a termodinâmica não-linear.

### **Enclave - Da Teoria da Dependência**

Até o final da década de 1970, o modelo mais comum para explicar a formação histórica e econômica de uma região baseada na atividade extrativista foi o conceito de enclave elaborado por Cardoso e Faletto (1970). O enclave definido como "núcleos de atividades primárias controladas de forma direta pelo exterior" (Cardoso e Faletto 1970: 46) foi uma das explicações dadas pela dependência sobre a forma da incorporação de economias locais na economia mundial. A formação do enclave pode ser resultado da desarticulação dos setores econômicos sob controle nacional devido à falta de competitividade frente aos capitais centrais ou pode ser consequência direta da expansão de capitais centrais. O desenvolvimento de uma economia de enclave "passa a expressar o dinamismo das economias centrais e o caráter nelas assumido pelo capitalismo, independentemente da iniciativa dos grupos locais." (Cardoso e Faletto 1970: 47). Em função da ligação direta do enclave com a economia central, toda a estrutura econômica e as infra-estruturas são voltadas para o centro, deixando de atender às necessidades locais ou nacionais. Para o desenvolvimento das estruturas sociais e políticas, a formação nacional, baseada em enclaves econômicos mostra-se bem diferente do modelo de desenvolvimento baseado no controle nacional da economia<sup>4</sup>, isso devido à desestruturação das formas de dominação. O problema que se colocou era a "definição das bases e condições de continuidade na estrutura local de dominação e o da determinação dos limites de participação dos grupos que a constituíram no sistema produtivo do novo tipo que representavam os enclaves. (Cardoso e Faletto 1970: 48). As soluções que se apresentaram historicamente conforme da teoria da dependência mostraram as seguintes características (Cardoso e Faletto 1970: 51):

- A produção se constituiu como prolongamento direto da economia central, tanto o controle sobre forma e quantidade de investimento como os lucros gerados ficam na economia central;
- Não há conexões com a economia local mas com a sociedade dependente, sobretudo com os centros de poder que definem as regras e condições das concessões;
- As relações econômicas são estabelecidas no âmbito dos mercados centrais.

---

<sup>4</sup> Embora Cardoso / Faletto falem do "sistema social e político" e do "sistema econômico" prefiro usar a expressão estruturas. Isso porque não há dentro da obra de Cardoso / Faletto uma definição clara do conceito de sistema.

## Conceitos oriundos da termodinâmica

As mudanças paradigmáticas nas ciências exatas influenciaram não somente a sociologia mas também tiveram um reflexo na economia. Sobretudo conceitos da termodinâmica não-linear foram adaptados para explicar processos sócio-econômicos. Antes de apresentar as formas em que essas adaptações apresentam-se, achamos conveniente relatar um pouco a história da termodinâmica e apresentar alguns dos seus conceitos básicos.

### Entropia, um conceito da termodinâmica

A termodinâmica como novo ramo das ciências exatas surgiu junto com a revolução industrial no início do séc. XIX. Ao contrário da física mecânica, a termodinâmica trabalha com sistemas que são definidos por parâmetros macroscópicos e não pela posição e velocidade dos seus elementos. Esses parâmetros macroscópicos usados para descrever o sistema podem ser: temperatura, pressão, volume etc., enfim, medidas fáceis de medir se comparadas à tarefa de calcular as posições de um número quase impensável de átomos e moléculas no nível micro do sistema. Somente para ilustrar, um centímetro cúbico de gás contém 10<sup>23</sup> moléculas, cujos locais e velocidades eram para ser definidos. Mas não somente os diferentes níveis (macro na termodinâmica e micro na mecânica clássica) distinguem os dois ramos da física. Para a descrição dos sistemas termodinâmicos, são de grande importância as condições fora do sistema ou a interação entre sistema e 'meio', nas palavras de *Prigogine*. Assim, a termodinâmica quer prever as modificações de um sistema em reação a uma modificação imposta.

A termodinâmica distingue três sistemas diferentes:

- Sistemas isolados: sistemas sem contato com o seu meio;
- Sistemas fechados: sistemas que trocam energia, mas não matéria com o seu meio;
- Sistemas abertos: sistemas que trocam energia e matéria com o seu meio.

Como já foi dito no início, o nascimento da termodinâmica é muito ligado ao processo da industrialização. Em 1782 o inglês James Watt construiu a primeira máquina a vapor, no mesmo tempo e na mesma universidade em qual Adam Smith estava escrevendo a sua obra sobre a Riqueza das nações. No início do século passado, o francês Jean-Joseph Fourier publicou um trabalho em que tentou esclarecer o fenômeno da propagação do calor. O resultado do seu trabalho foi nada complicado. O fluxo de calor (entre dois corpos) é proporcional ao gradiente de temperatura (entre esses dois corpos), isso independentemente da composição química e da forma (sólido, líquido ou gasoso) do corpo. Somente o coeficiente da proporcionalidade é específico para cada substância. Desta maneira, Fourier tinha descoberto uma lei da física tão universal como a da gravidade.

Na sua tentativa de entender melhor o funcionamento das máquinas a vapor, Cadi Carnot idealizou a sua máquina térmica ideal, em que, por definição, todo contato entre corpos de temperaturas diferentes foi excluído, possibilitando assim um *perpetuum mobile*, uma máquina que, sem fluxo externo de energia, se movimenta para sempre.

Mas mesmo sendo uma abstração do mundo real, o Ciclo de Carnot serviu para chamar a atenção para dois fatos até então desconhecidos e que levaram, mais tarde, à formulação da primeira lei da termodinâmica. Clausius, um físico alemão, reconheceu a possibilidade de transformar calor em trabalho mecânico organizado e usável, e o inglês James Prescott Joule, pesquisando o processo inverso, descobriu que a mesma quantidade de trabalho gera sempre a mesma quantidade de calor. Ou formulado de uma maneira diferente: não existe trabalho físico sem que parte da energia se dissipe em calor. Assim, finalmente, encontrou-se uma explicação para o fato de que as máquinas a vapor não podem alcançar um grau de eficiência energética de 100 por cento.

Em 1852, o matemático e físico irlandês William Thomson, resumindo os conhecimentos da termodinâmica, formulou pela primeira vez o conteúdo da segunda lei da termodinâmica: postulando uma desagregação universal da energia mecânica.

Em 1865 Clausius deu uma nova redação à Segunda Lei da Termodinâmica. O problema que Clausius tentou resolver foi o seguinte: como descrever o estado de um motor (máquina de Carnot não ideal), depois de se passar um ciclo e de dissipar parte da sua energia mecânica em calor pelo contato com o meio. Os parâmetros até então usados para descrever o estado de um sistema termodinâmico (pressão, temperatura, quantidade de calor no sistema) somente indicavam a conservação da energia e, assim, não foram capazes de indicar as mudanças qualitativas da energia que ocorrem dentro do sistema motor. Para resolver esse impasse, Clausius introduziu uma nova categoria: a entropia (S), uma função do estado do sistema que indica a quantidade da energia do sistema que se dissipou e, assim, não está mais disponível para ser transformada em trabalho. A ela corresponde a categoria energia livre que indica a quantidade de energia disponível no sistema capaz de ser transformado em trabalho.

Assim, podemos dizer: Energia = Entropia + Energia livre.

Como cada novo ciclo de motor, isto é, a transformação de calor em energia mecânica e a conversão de calor, é acompanhado de um processo de dissipação de energia, a entropia de um sistema tem uma tendência irreversível, ela somente aumenta.

Na nova redação das leis da termodinâmica, Clausius, além de introduzir o conceito de entropia, formula as leis em uma dimensão cosmológica, se referindo ao universo como um sistema isolado:

- “A energia do mundo é constante (*Die Energie der Welt ist konstant*);

- “A entropia do mundo aumenta até um máximo (*Die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu*).”

O estado de um sistema isolado no qual a entropia é máxima, é definido como equilíbrio termodinâmico.

A formulação da segunda lei da termodinâmica na formulação universal de Clausius gerou grande impacto e grande repercussão no meio acadêmico da época. E o físico alemão Hermann von Helmholtz foi o primeiro que explicitou as conseqüências para o universo, a morte calórica, o estado em que o universo entra no seu equilíbrio termodinâmico.

Com a formulação das leis da termodinâmica e os trabalhos de Josiah Willard Gibbs sobre a transformação de energia (1873 - 1878), esse ramo consolidou-se finalmente como nova visão do mundo ao lado da física mecânica.

As duas visões diferentes podem ser sintetizadas através da interpretação do tempo dado por elas: Na visão microscópica da física mecânica todos os processos são reversíveis, sendo assim, não há como definir uma seta do tempo. Baseado na Segunda Lei da Termodinâmica, pela sua visão macroscópica da irreversibilidade, foi possível introduzir a categoria tempo na interpretação de fenômenos reais.

O primeiro que formulou essa contradição foi o físico austríaco, Josef Loschmidt (1821-1895) no seu Paradoxon da Irreversibilidade (1876). E o primeiro a tentar resolver esse impasse foi seu colega de faculdade, Ludwig Boltzmann (1844-1906). Segundo Boltzmann, a contradição pode ser resolvida através do artifício da estatística e da probabilidade. Ele interpretou o crescimento irreversível da entropia como expressão do crescimento da desordem molecular. Para ilustrar o raciocínio de Boltzmann, imaginemos uma caixa com dois compartimentos contendo 4 partículas. Existem somente duas combinações de colocar todas as 4 partículas em umas das duas caixas, 4 combinações para colocar 1 partícula na caixa esquerda e 3 na caixa direita, 6 possibilidades de colocar 2 partículas na caixa esquerda e direita e 4 possibilidades de colocar 3 na caixa esquerda e 1 na caixa direita. O Princípio de Boltzmann diz que a natureza sempre procura o estado no qual existe mais possibilidades, no nosso caso, 2 partículas em cada caixa. Entropia conforme Boltzmann, é assim definido pelo número dessas possibilidades. Sendo assim, a natureza procura sempre o estado de maior entropia.

A termodinâmica ganhou novos impulsos nos anos 30 desse século pelos trabalhos do químico Lars Onsager da Universidade de Yale, que estudou mais profundamente o fenômeno da termodifusão. A termodifusão descreve o comportamento de um sistema termodinâmico que é impedido de alcançar o seu equilíbrio. O fenômeno pode ser observado dentro de um sistema fechado que contém uma mistura de Hidrogênio (gás leve) e de gás carbônico (SO<sub>2</sub>). O aparelho com a mistura de gás é aquecido, mas de uma maneira que se mantém uma pequena diferença de temperatura entre os dois



pólos. Invés de uma desordem crescente devido ao aumento da temperatura, observa-se uma separação dos gases. O gás leve flui para a parte mais quente e na parte mais fria aumenta a concentração de  $\text{SO}_2$ . O processo de termodifusão é muito comum em depósitos subterrâneos de petróleo, onde se observa perfis de concentrações de materiais diferentes. Para explicar esse fenômeno Onsager interpretou a diferença da temperatura que existe entre os dois pólos do aparelho como força que - em analogia com o impulso na mecânica - consegue movimentar calor e matéria. E esses fluxos são diretamente proporcionais a força que os gera. Devido a esse comportamento linear, a parte da termodinâmica que pesquisa fenômenos perto do equilíbrio térmico foi denominado de termodinâmica linear.

Mas o que acontece quando se afasta um sistema termodinâmico ainda mais do seu estado do equilíbrio? Esclarecer isso virou tarefa de vários grupos de pesquisadores que em conjunto formam uma escola muito heterogênea que pode ser denominada com a categoria termodinâmica não-linear.

Os trabalhos desenvolvidos dentro da termodinâmica não-linear mostram que a simples analogia de aumento de entropia é igual ao aumento da desordem não se justifica. Pelo contrário, distante do seu estado de equilíbrio termodinâmico, o sistema é capaz de formar, junto com alta produção de entropia, estruturas complexas, chamadas estruturas dissipativas, e manter essas estruturas. Essa formação de estruturas, também chamada auto-organização, é uma possibilidade que pode acontecer durante o caminho de afastamento de sistema do seu estado de equilíbrio termodinâmico, mas não uma necessidade.

#### Termodinâmica e economia : Georgescu-Roegen, Boulding, Daly

Em 1971, Nicholas Georgescu-Roegen, um economista Romeno com cátedra na Universidade de Vanderbilt nos Estados Unidos, publicou um livro chamado “The Entropy Law and the Economic Process”, no qual ele tenta elaborar uma ligação entre a termodinâmica e a economia. Georgescu-Roegen não foi o primeiro a fazer esta ligação entre a economia e o meio-biofísico no qual a atividade econômica é baseada. O economista Harold T. Davis já tinha feito antes uma tentativa de estabelecer uma similaridade entre as equações usadas na termodinâmica e na econometria, e em 1966 Kenneth Boulding, criou o conceito da ‘*spaceman economy*’, no qual ele compara a terra com uma nave espacial que somente dispõe de recursos limitados tanto para extrair quanto para poluir, e onde a humanidade tem que encontrar o seu lugar dentro de um ecossistema cíclico, capaz de se reproduzir através de *inputs* de energia. Este último trabalho parece que não foi de conhecimento de Georgescu-Roegen, pelo menos ele se refere à Boulding, somente em relação a suas obras sobre a função de produção. A inspiração da obra de Georgescu-Roegen veio da área da biologia, na qual Erwin Schrödinger, nos anos 40, introduziu uma visão nova da vida. Conforme Schrödinger as estruturas da vida são mantidas por um processo que absorve baixa entropia do ambiente e a transforma em alta entropia.

Georgescu-Roegen começa a sua abordagem em “The entropy law and the economic process” com uma crítica às ciências econômicas, que ele classifica como uma ciência mecanicista, cujo instrumento teórico foi fortemente influenciado pela física mecânica de Newton. Ademais a economia se esqueceu da sua base material, tratando o processo econômico como se ele fosse a “*no deposit - no return affair in relation to nature*”, um fenômeno sem depósito sem retorno em relação com a natureza.

Um conceito capaz de devolver à economia a sua base material é, conforme Georgescu-Roegen, a termodinâmica, cuja segunda lei ele considera a mais econômica das leis naturais, se referindo ao fato que esta começou como física, de valores econômicos. Lembramos das tentativas de Watt, Carnot, Joule, Clausius de entender e otimizar as máquinas a vapor. Visto pela ótica da termodinâmica, o processo econômico se apresenta como a transformação de baixa entropia, contida no estoque dos recursos naturais da terra e no fluxo da energia solar, em alta entropia, sendo assim um processo unidirecional, e não um processo circular com a teoria econômica postula. A baixa entropia é assim uma, mas não a única, condição necessária para que um objeto se torna útil. Segundo Georgescu-Roegen precisa-se criar *life enjoyments*. Ele deu como exemplo a baixa entropia de um cogumelo venenoso que não tem utilidade para os seres humanos.

O livro de Georgescu-Roegen fecha com uma visão sinistra. A escassez que finalmente vai limitar o desenvolvimento econômico é o estoque dos recursos naturais na terra e não o estoque de baixa entropia do sol. Diante dessa lei natural resta para a humanidade somente de definir a maneira e a taxa como a baixa entropia é usada.

Foi um aluno de Nicolas Georgescu-Roegen e Kenneth Boulding, o economista norte americano Herman E. Daly baseado nos trabalhos de Georgescu-Roegen, introduziu em 1977 um novo conceito na discussão sobre o desenvolvimento econômico: o da “Steady-State Economy”. Daly parte da existência de duas populações físicas, as pessoas e os artefatos criados por eles (máquinas, casas, livros etc.), que fazem parte de um sistema maior, que é a natureza. Ambas as populações tanto tem a capacidade de prestar serviços para a raça humana, quanto a necessidade de manutenção e substituição. Os homens precisam de comida, de roupa, calefação etc.; os artefatos têm, via de regra, uma vida útil limitada e precisam ser substituídos. Baseado em Georgescu-Roegen, Daly interpreta o processo econômico como um fluxo, que começa com a depreciação de uma fonte natural de baixa entropia e termina com a poluição de um *sink* com lixo de alta entropia.

Assim, a Steady-State Economy é definida como uma economia com um estoque constante de população e de artefatos, mantido em um nível desejado e suficiente, por baixas taxas de *throughput* de manutenção. Uma das condições para colocar a *staty-state economy* em prática, segundo Daly, é a mudança da base energética da economia, da energia fóssil para a energia solar, única fonte de baixa entropia durável.

## Bunker: Economias extrativistas versus economias produtivas

Em 1985 Stephen Bunker foi o primeiro a tentar aplicar as noções termodinâmicas introduzidas por Georgescu - Roegen na economia, na discussão sobre o desenvolvimento. O estudo de caso, escolhido por ele para elaborar as suas idéias foi a Amazônia. O objetivo do trabalho é, segundo o autor, explicar o subdesenvolvimento da Amazônia e de integrar várias teorias de desenvolvimento em um modelo ecológico para assim superar as deficiências que cada uma das teorias apresenta.

Bunker parte da suposição, formulado primeiramente por Alfred Lotka para processos biológicos, que as sociedades que convertem mais energia são favorecidas pela evolução, e usa essa hipótese para explicar o desenvolvimento desigual das regiões e a subordinação das economias extrativistas pelas economias produtivas dentro do sistema da economia mundial. Ademais, e isso é o segundo pilar em que está fundamentado o trabalho de Bunker, cada transformação da natureza e sociedade no passado, define as futuras possibilidades e chance dessa sociedade. Assim, a maneira como uma sociedade explorou um certo ambiente, define as possibilidades do mesmo ambiente para usos futuros.

Economias produtivas e economias extrativas se distinguem conforme Bunker nos seguintes aspectos: fluxo de energia, maneira da incorporação de energia em infra-estrutura física, distribuição demográfica, organização social, e nas conseqüências que os diferentes usos de energia exercem sobre o meio ambiente:

- Em geral há um fluxo de energia de uma economia extrativa para uma economia produtiva e esse fluxo reduz a complexidade e o poder da primeira e aumenta a complexidade e o poder da segunda;
- Dentro de uma economia produtiva, as empresas podem se beneficiar de várias economias externas, por exemplo, pelo uso comum de ofertas de infra-estrutura. Ao contrário disso, o local de instalação de uma empresa na economia extrativa é definido pelo local do recurso que ela pretende explorar. Sendo assim, essas empresas raramente podem usufruir dos resultados de investimentos, seja em infra-estrutura, habitação, urbanização, de atividades econômicas anteriores;
- Uma outra diferença entre economias extrativistas e economias produtivas é a maneira como os efeitos de escala acontecem entre elas. Nas economias produtivas o desenvolvimento das forças produtivas gera, a longo prazo, uma tendência de decréscimo do custo unitário, em conseqüência de um aumento da produção. Diferente disso, nas economias extrativas, os custos unitários tendem a se elevar com um aumento da escala de extração, porque é necessário explorar recursos de qualidade inferior ou de difícil acesso. Seguindo essa tendência, a elevação do custo marginal da extração pode chegar até um ponto, onde a atividade perde a sua rentabilidade econômica e desaparece da região;

- Economias extrativas não criam laços com a economia regional, eles têm mais o caráter de enclaves, isto devido ao fato que pelo pouco valor adicionado os lucros se realizam na comercialização, e que as economias extrativas não respondem às demandas locais, não se cria concentrações de indústrias;
- O processo de extração normalmente adiciona pouco valor ao produto extraído, assim ele é capaz de gerar rapidamente um aumento considerável da renda regional. Só que, isso pode acabar tão rápido quanto começou, pois o esgotamento dos recursos de fácil acesso cria necessidades de altos investimentos. Nesse caso é mais provável que haja um deslocamento da atividade extrativa para uma outra região.

A relação entre economias extrativistas e economias produtivas não é resultado de uma estratégia de acumulação das classes dominantes nas respectivas regiões, mas resultado de uma necessidade física da produção industrial.

Quais são as conseqüências que isso traz para as regiões de economias extrativistas?

- Devido à perda constante de energia e matéria, elas não podem sustentar a cara e complexa estrutura administrativa de um estado moderno, que na interpretação de Bunker é uma estrutura dissipativa, que necessita de um constante fluxo de energia e matéria para o seu sustento;
- A perda de energia e matéria deixa as regiões de economia extrativistas mais simples - no sentido de perda de complexidade, seja economicamente, seja socialmente. Isso diminui também as suas oportunidades para o seu desenvolvimento futuro;
- As economias produtivas dependem da demanda externa, que limita a possibilidade de uma acumulação baseada na demanda interna, além de gerar dependência;
- Resumido pode se concluir que as características próprias das economias extrativas geram uma descontinuidade no desenvolvimento econômico e social - tanto no espaço quanto no tempo.

Quais são então as propostas de Bunker de mudar esse quadro?

Considerando que a divisão entre economias produtivas e extrativas constitui uma necessidade física imposta pelo próprio processo da industrialização, Bunker se concentra na questão da criação de valores econômicos. Contrariando a teoria marxista do valor, ele enfatiza a necessidade de atribuir à natureza também um valor econômico. Especificamente, ele argumenta em favor de uma reavaliação, no sentido de um reajuste para cima, dos preços de energia.

Ademais, ele levanta a necessidade de incorporar nas explicações de desenvolvimento e subdesenvolvimento os fluxos de energia e matéria, sob o perigo de não poder fornecer uma explicação consistente para esse fenômeno

## Altvater: Ilhas de sintropia e industrialização como processo oligárquico

A interpretação de Bunker foi modificada alguns anos depois por Elmar Altvater (1987, 1992, 1993, 1995), sem aliás perder o seu vínculo com a termodinâmica.

Diferente de Bunker, Altvater dá na sua análise das condições de subdesenvolvimento da Amazônia, mais ênfase na atuação da lógica do mercado global. Usando um conceito de Fred Hirsch, Altvater define o processo de industrialização como um bem oligárquico. Isso é um bem, cujo valor de uso é destruído na medida em que o seu consumo se torna mais comum, mais democrático. Como exemplo, podemos citar que a qualidade de um carro, de oferecer ao seu dono a comodidade de se deslocar para onde ele deseja, diminui na medida em que o uso do carro se populariza. 1 milhão de carros em Belém, um para cada habitante iria, seguramente, impedir o uso do carro como instrumento de locomoção.

Nesse sentido, a industrialização devido a sua condição física, de transformar baixa entropia, - Altvater usa o termo sintropia -, em alta entropia, é um bem oligárquico, que nessa forma não é acessível para todos os habitantes do nosso planeta. A industrialização é um processo que se dá de maneira altamente injusta. Enquanto as sociedades industrializadas usam a baixa entropia, distribuídas em ilhas de sintropia no mundo inteiro, para manter a ordem das suas sociedades, elas dissipam, globalmente, a alta entropia gerada nesse processo de transformação de energia e matéria. Assim o aumento da ordem nos países industrializados é ligado ao aumento de desordem nas regiões onde eles tiram a baixa entropia, necessária para manter as suas estruturas dissipativas. A transferência de sintropia e entropia é para Altvater - ao contrário da opinião de Bunker - uma variável dependente das relações monetárias de troca entre economias extrativistas e economias de produção (1995: 225).

Para Altvater esse mecanismo tem sobretudo duas conseqüências para os países industrializados. Primeiro, o que pode colocar o modelo de industrialização vigente em perigo não é uma transformação revolucionária, mas sim a interrupção do fluxo de energia e matéria que mantém lá as estruturas dissipativas, por exemplo pelo esgotamento das *sinks*, para depositar a alta entropia. Segundo, o próprio sucesso do modelo de desenvolvimento dos países industrializados, torna - os alvos de migração, e através disso a diferença entre ordem e caos tende a diminuir. Para evitar isso, a solução encontrada é a elaboração e implementação de mecanismos de exclusão, mantendo assim as suas fronteiras nacionais aberto para fluxos energéticos - materiais e fechado para fluxos migratórios.

## Coelho: A estrutura sócio - espacial como estrutura dissipativa

Uma das últimas tentativas de aplicar os conceitos da termodinâmica na análise da dinâmica regional do Sul do Pará foi feita por Maria Célia Coelho (1995). Objeto de estudo de Coelho é o papel

da Companhia Vale do Rio Doce na estruturação e nas mudanças ocorridas na área da sua influência. Ela constata um aumento da complexidade dentro do espaço geográfico de Carajás durante os anos 80. Uma causalidade que segundo da autora, não pode ser explicado pelo princípio da causalidade. Em substituição, ela propõe o uso do conceito de sistemas em estado de equilíbrio dinâmico (Prigogine) e interpreta a estrutura sócio-espacial como estrutura dissipativa. Seguindo a termodinâmica não-linear, as modificações no espaço geográfico são comparadas à trajetória de um sistema pelo espaço de fases, onde a “estrutura é vista como um atrator sobre a trajetória do sistema.” (Coelho 1997: 57). A reestruturação do espaço, interpretada como ruptura, é explicada por ela como resultado da uma “intensificação de lutas competitivas pelo controle das forças que configuram a vida material”. Dentro dessa luta, o ingresso de novos atores sociais, atuando como exploradores de ilhas de sintropia, gera instabilidade, o sistema sai do estado de atrator, se desestrutura e passa por uma fase de instabilidade até se estruturar novamente ou encontrar um novo estado atrator, sem aliás ser possível de prever *ex-ante* a forma desse novo atrator. O ator principal (mas não o único) identificado por Coelho como principal elemento das mudanças é a CVRD.

Diferente de Bunker e Altvater, Coelho constata uma ligação entre estruturação do espaço e estrutura psíquica dos seus habitantes. Ao caos no espaço corresponde o caos interno que se manifesta como anomia interna (Coelho 1997: 75).

### **Ordenador - da teoria da sinérgica**

Enquanto a popularização dos conceitos da auto-organização e da termodinâmica não-linear, sobretudo através das publicações de Prigogine, inspirou vários trabalhos de cientistas sociais, a sinérgica - um ramo novo dentro da física - ficou despercebido nas ciências sociais brasileiras. A sinérgica, *die Lehre vom Zusammenwirken*, originalmente foi desenvolvida para modelar a auto-organização de matéria no nível macroscópico dentro de um Laser<sup>5</sup>. O modelo ultrapassou, levado pela discussão sobre a não-linearidade, as fronteiras das ciências exatas e foi aplicado para explicar fenômenos econômicos e sociais<sup>6</sup>. Apresentaremos a seguir alguns dos conhecimentos elaborados pela sinérgica e tentaremos aplicar esses conhecimentos em uma interpretação da realidade sócio-econômica da nossa região de estudo.

Ordem é interpretada como resultado de um processo de oscilação, onde após queda de uma simetria inicial, através de um processo auto-organizado se estabelece uma nova forma. Nos processos

---

<sup>5</sup> Veja sobre sinergia: Haken (1990), Haken (1995), Haken / Wunderlin (1991).

<sup>6</sup> Veja, por exemplo, o trabalho de Erdmann / Fritsch (1988) que usaram instrumentos da sinérgica para elaborar um modelo para fazer prognoses eleitorais.

de formação de ordem através de auto-organização observa-se a atuação de um ordenador (*Ordnungsparameter*). Ordenador denomina um fenômeno que foi instaurado por ‘vontade própria’ de um sistema e que tem, depois de instaurado, uma influência estruturadora muito grande sobre o sistema. Haken fala nesse contexto de causalidade cíclica, o surgimento do ordenador e o comportamento coerente se condicionam reciprocamente. Como exemplos da vida social, podemos citar o dinheiro, inicialmente fruto de uma convenção, logo mostrou a sua capacidade de estruturar e dominar; ou a língua, também convenção entre membros de um grupo, que virou instrumento fundamental da comunicação na sociedade, excluindo todas as pessoas que querem se comunicar na sua ‘própria’ língua.

As pesquisas elaboradas dentro da sinergia mostram que em muitos casos não existe uma orientação superior que poderia ajudar a decidir sobre a maneira correta de como proceder à queda a simetria inicial, e de como sistemas sinérgicos podem ser governados por mais um ordenador, sendo que um ordenador sempre domina os outros ordenadores. Mas existe a possibilidade de mudanças de dominação, sem aliás, existir a possibilidade de prever a data e forma exata dessas mudanças.

Haken defende a utilidade da sinergia como conceito de explicar fenômenos sociais pelo fato que processos sociais são atuações coletivas, em que as pessoas agem espontaneamente de uma forma coordenada como se elas tivessem combinado antes uma estratégia comum. No estado de ordem em sistemas sinérgicos, a existência de cada elemento do sistema é condicionada à existência de todos os elementos do sistema. Mudanças do estado de ordem do sistema iniciam-se sempre através do surgimento de oscilações, que se amplificam até a queda de uma simetria inicial como ponto de partida de uma mudança. Alcançado uma certa amplitude, um pequeno aumento da oscilação pode bastar para quebrar a simetria, e assim destruir o velho estado de ordem do sistema.<sup>7</sup>

A ação coletiva gera mecanismos dos quais o indivíduo não consegue escapar. Sobretudo em estados de agitação pública, o pensamento lógico deixa de funcionar. O indivíduo se vê ‘escravizado’ pelo ordenador, que pode ser um slogan criado aleatoriamente. Assim a ação coletiva (cada um faz o que o outro faz, porque o outro o faz) pode estabelecer estados macroscópicos muito variados.

Como exemplo para ilustrar as suas idéias, Haken escolhe o fenômeno da opinião pública. A opinião pública predominante pode ser caracterizada como ordenador, que influencia a formação das opiniões individuais que, desta maneira, equalizadas, confirmam a opinião inicial como sendo pública. Mudanças de opinião têm o seu início e estão sendo preparadas através de mudanças de

---

<sup>7</sup> Haken dá como exemplo da vida social as revoluções. O aumento das oscilações se manifesta através do aumento de acontecimentos fora do normal que documentam a insatisfação com o sistema, sem, aliás, mostrar uma nova ordem definida. Dentro desse clima de insegurança a queda de simetria pode ser resultado da atuação de um pequeno, mas bem organizado, grupo.

acontecimentos externos. No nível do indivíduo a mudança de opinião se mostra como comportamento social racional, no sentido de evitar assim a exclusão social.

Aplicando esse conceito ao nosso objeto de estudo, o sul do Pará, podemos chamar o complexo do Projeto Ferro Carajás como ordenador, algo que consegue se impor como fator determinante na estruturação das relações sociais e econômicas, e algo que precisa para se manter os componentes do sistema em que ele é embaçado. O ordenador é tão forte que nem ao lado dele as organizações do estado não conseguem estabelecer uma hegemonia, um vazio que em parte é preenchido pela CVRD, que assume em vários municípios tarefas da competência exclusiva do poder público. Mesmo após da privatização da CVRD essa 'simbiose' entre Estado e CVRD não deve terminar tão cedo, devido ao fato que não se pode esperar a formação de recurso e capacidades do poder público para substituir a atuação da CVRD e, por outro lado, a companhia não vai poder lançar mão de certas atividades da gestão governamental sem colocar em risco o funcionamento das suas atividades econômicas.

### **Considerações finais**

A tentativa de incluir na análise dos efeitos desestruturadores conceitos da termodinâmica não-linear, sem dúvida, foi um avanço na busca de descrever melhor a realidade sócio-econômica na região. Existem várias razões que justificam o uso deste referencial não tradicional das ciências sociais. Sobretudo quando se pretende discutir a questão do desenvolvimento (sustentável) em conjunto com o uso de recursos naturais não-renováveis. Algo que é da maior relevância para uma região, cuja economia está baseada quase que exclusivamente no extrativismo, seja na sua forma tradicional ou na sua forma industrial. Mas uma análise mais profunda deste pensamento mostra logo os limites dessas adaptações para o mundo altamente complexo que constitui o universo em que as ciências sociais atuam, sobretudo, no que diz respeito à sua falta de força explicativa. As abordagens reduzem demais a complexidade sócio-econômica, isto devido ao fato de querer sempre apresentar um 'fator responsável' para a realidade analisada. Essa atribuição simples de causa efeito impede de visualizar causalidade não-lineares ou efeitos que resultam do funcionamento da sociedade moderna, e onde não há como aclamar um 'culpado', ou apresentar o problema cuja solução ia resolver tudo.

O fator principal que serve como pano de fundo explicativo em todas essas abordagens que se situam na tradição da dependência é o mercado mundial. Em outras palavras a razão primária do 'caos interno' é algo externo. Esse ângulo de análise deixa despercebido um ponto fundamental na observação da região: as estruturas e relações que se estabelecem entre projeto e a região. Eles pouco se pronunciam a respeito da influência que a região exerce sobre a forma de como o projeto de mineração se organiza.



## Referências

- Altvater, Elmar (1987): *Sachzwang Weltmarkt, Verschuldungskrise, blockierte Industrialisierung, ökologische Gefährdung - der Fall Brasilien*, Hamburg (VSA).
- Altvater, Elmar (1992): *Der Preis des Wohlstands oder Umweltplünderung und neue Welt(un)ordnung*, Münster (Westfälisches Dampfboot).
- Altvater, Elmar (1993) *Ilhas de Sintropia e Exportação de Entropia - Custos Globais do Fordismo fossilístico*. Caderno 11 do NAEA/ UFPA, p. 3-54, Belém, 1993
- Altvater, Elmar (1995): *O Preço da Riqueza. Pilhagem ambiental e nova (des)ordem mundial*. São Paulo: Ed. UNESP.
- Brito, D. (1994): *Extração Mineral na Amazônia: A Experiência da Exploração de Manganês da Serra do Navio no Amapá*.
- Bunker, Stephen (1988): *Underdeveloping the Amazon: extraction, unequal exchange, and the failure of the modern state*, Chicago (University of Chicago Press). Primeira edição de 1985.
- Cardoso, F. H. & Faletto, E. (1970): *Dependência e Desenvolvimento na América Latina*. Rio de Janeiro (Ed. Guanabara).
- Castro, E. & Marin, R. (1992): *Os negros de Trombetas*. Belém (UFPA).
- Coelho, M.C.N. (1997): *A CVRD e o Processo de (Re)Estruturação e Mudança na Área de Carajás*. Em: Coelho, M.C.N. / Cota, R.G. (Orgs.): *10 Anos da Estrada de Ferro Carajás*. Pág. 51-78. Belém (UFPA/NAEA).
- Dealy, H. (1991): *Steady-State Economics*. Washington (Island Press). Primeira edição de 1977.
- Eilers, R. (1995): *Der schmutzige Krieg gegen die Ogoni*. Em: Raspers, M. (Hrsg.): *Landräuber: Gier und Macht - Bodenschätze contra Menschenrechte*. Pág. 64-80. Gießen (Focus Verlag).
- Erdmann, G. & Fritsch, B. (1989): *Synergismen in sozialen Systemen, ein Anwendungsbeispiel*. in: Cambel / Fritsch / Keller (Hrsg.): *Dissipative Strukturen in integrierten Systemen*. Pág. 239 - 262. Baden-Baden (Nomos).
- Georgescu-Roegen, N. (1971): *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge (Harvard University Press).
- Haken, H. & Wunderlin, A. (1991): *Die Selbststrukturierung der Materie. Synergetik in der unbelebten Natur*. Braunschweig (Vieweg).
- Haken, H. (1990): *Synergetik. Eine Einführung. Nichtgleichgewichts-Phasenübergänge und Selbstorganisation in Physik, Chemie und Biologie*. Heidelberg (Springer).
- Haken, H. (1995): *Erfolgsgeheimnisse der Natur. Synergetik: Die Lehre vom Zusammenwirken*. Reinbek bei Hamburg (Rowohlt).
- Haken, Hermann (1991): *Die Selbstorganisation der Information in biologischen Systemen aus der Sicht der Synergetik*, in: Küppers, Bernd-Olaf (Hrsg.): *Ordnung aus dem Chaos*, S. 127 - 156, München, 3. Aufl.
- Hettler, J. & Lehmann, B. (1995): *Environmental impact of large-scale mining in Papua New Guinea: Sedimentology and potential mobilization of trace metals from mine-derived material deposited in the Fly River floodplain*. United Nations Environment Programme.

Hettler, J. (1995): Ärger am Ende des Regenbogens. Die Umweltprobleme der Ok Tedi-mine. Em: Raspers, M. (Hrsg.): Landräuber: Gier und Macht - Bodenschätze contra Menschenrechte. Pág. 91 - 99. Gießen (Focus Verlag).

Sopotschina, A. (1995): "Die Verwaltung ist an der Ölpest erkrankt". Die Unterdrückung der westsibirischen Urbevölkerung - eine moderne Kolonisierung. Em: Raspers, M. (Hrsg.): Landräuber: Gier und Macht - Bodenschätze contra Menschenrechte. Pág. 81 -90. Gießen (Focus Verlag).

Tamana, L. (1995): Gerechtigkeit für die Ogoni. Em: Raspers, M. (Hrsg.): Landräuber: Gier und Macht - Bodenschätze contra Menschenrechte. Pág. 7 - 10. Gießen (Focus Verlag).

CPT (1995): Carajás: Desenvolvimento ou Destruição. Relatório de Pesquisa. Belém.