

# The limits to growth\*

Edmon Nimer

IBGE/SUPREN

## 1 — INTRODUÇÃO

**E**m abril de 1968 um grupo de 30 pessoas de 10 países — cientistas, educadores, economistas, humanistas, industriais e funcionários públicos de nível nacional e internacional — reuniram-se na Academia dei Lincei, em Roma. Convidados pelo Dr. Aurélio Peccei, empresário industrial italiano, economista e homem de visão, encontraram-se para discutir um assunto de enorme amplitude: *os dilemas atuais e futuros do homem*.

## 2 — O CLUBE DE ROMA

Desse encontro nasceu o Clube de Roma, uma organização informal, descrita como um “colégio invisível” cujas finalidades são:

a) promover o entendimento dos componentes interdependentes que formam o sistema global

em que vivemos — econômicos, políticos, naturais e sociais;

b) chamar atenção dos que são responsáveis por decisões de alto alcance e do público do mundo inteiro para aquele novo modo de entender, e, assim, promover novas iniciativas e planos de ação;

OBS: Apesar de limitado o número de seus membros, não podendo ultrapassar cem, hoje o Clube de Roma vem se expandindo com objetivo de incluir representantes de uma variedade ainda maior de culturas, nacionalidades e sistemas de valor.

## 3 — O PROJETO: DILEMA DA HUMANIDADE

Após uma série de encontros preliminares do Clube de Roma, decidiu-se por uma tarefa bas-

---

\* Resumo do informe, sob o título acima, preparado para o *Clube de Roma* e submetido à discussão desse Clube em 1971, em Montebello, Canadá, depois publicado sob forma de livro em muitos idiomas (no Brasil, pela Editora Perspectiva).

tante ambiciosa: desenvolver o projeto sobre o "Dilema da Humanidade".

a) *Que é o "dilema da humanidade"?*

O dilema da humanidade é que o homem pode perceber a problemática e, no entanto, apesar de seu considerável conhecimento e habilidades, ele não compreende as origens, a significação e as correlações de seus vários componentes, e, assim, é incapaz de planejar soluções eficazes.

Esse fracasso é atribuído, em grande parte, ao fato de que os elementos (componentes) vêm sendo examinados isoladamente na problemática, sem se compreender que o todo é maior do que suas partes e sem se compreender que a mudança em um dos componentes conduz a mudanças nos demais.

b) *Objetivo do Projeto:* examinar o complexo de problemas que afligem os povos de todas as nações:

- a pobreza em meio à abundância;
- deterioração do meio ambiente;
- perda de confiança nas instituições;
- expansão urbana descontrolada;
- insegurança de emprego;
- alienação da juventude;
- rejeição de valores tradicionais;
- inflação;
- outros transtornos econômicos e monetários.

Esses elementos aparentemente divergentes na problemática mundial ocorrem, até certo ponto, em todas as sociedades e atuam uns sobre os outros.

c) *A Fase Um do Projeto* da qual resultou o relatório e, mais

tarde, o livro *Limites do Crescimento*, teve como abordagem metodológica um *modelo de análise de sistema*. Este modelo foi apresentado inicialmente pelo Prof. Jay Forrester, do Massachusetts Institute of Technology (MIT). Posteriormente foi dirigido pelo Prof. Dennis Meadows com apoio financeiro da Volkswagen Foundation.

A equipe deste projeto examinou os cinco fatores considerados básicos que determinam e, por conseguinte, em última análise, limitam o crescimento em nosso planeta — *população, produção agrícola, recursos naturais, produção industrial e poluição*.

O modelo mundial foi construído especificamente para investigar cinco grandes tendências de interesse global:

- o ritmo do crescimento demográfico;
- a desnutrição generalizada;
- o esgotamento dos recursos naturais não-renováveis;
- deterioração ambiental.

Após o que, foi verificado que há uma tendência de crescimento, e que esse crescimento anual segue um padrão que os matemáticos chamam de "crescimento exponencial". Foi demonstrado que todas as atividades correntes da humanidade, desde o emprego de fertilizantes até a expansão das cidades, podem ser representadas por *curvas de crescimento exponencial*.

d) *Que é o Crescimento Exponencial?*

*Crescimento Linear* — uma quantidade cresce linearmente quando seu aumento é constante em um período constante de tempo. Por exemplo, uma criança que cresce 2,5 cm por ano está crescendo linearmente. Se uma pessoa coloca 10 dólares por ano dentro de um cofre, a quantidade de seu

dinheiro também cresce linearmente. O montante do crescimento anual não é afetado pelo tamanho da criança nem pela quantidade de dinheiro já existente no cofre.

*Crescimento exponencial* — uma quantidade apresenta crescimento exponencial quando cresce numa porcentagem constante do total, em um período constante de tempo. Exemplo: uma cultura de células de fungos na qual cada célula se divide em duas cada 10 minutos está crescendo exponencialmente. Para cada uma das células haverá duas células depois de 10 minutos, isto é, um aumento de 100%. Depois de outros 10 minutos haverá quatro células, depois oito, depois dezesseis. Outro exemplo: um investimento de uma certa quantia de dólares à taxa de 10% ao mês. O dinheiro investido crescerá na forma exponencial.

e) *Modelos de Crescimento Exponencial*

O crescimento exponencial é um fenômeno dinâmico. Em sistemas simples como a cultura de fungos e a conta bancária, a causa do crescimento exponencial e seu desenvolvimento é fácil de entender-se. Entretanto, quando muitas quantidades diferentes estão crescendo simultaneamente em um sistema, e quando todas elas se correlacionam de maneira complicada, a análise das causas do

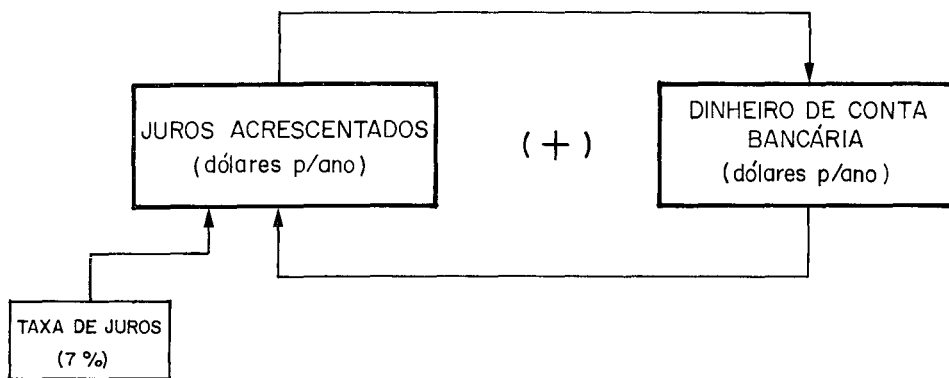
crescimento e do comportamento futuro do sistema torna-se realmente muito difícil.

No decorrer dos últimos trinta anos desenvolveu-se no MIT um novo método para a compreensão do comportamento dinâmico de sistemas complexos. O método é chamado "Sistema Dinâmico". A base deste método é o reconhecimento de que a estrutura de qualquer sistema — as numerosas relações circulares, interligadas e algumas vezes retardadas entre seus componentes — é, muitas vezes, tão importante na determinação de seu comportamento quanto os próprios componentes em separado. O modelo do mundo descrito neste livro é um modelo de "dinâmica de sistemas".

A teoria da modelação dinâmica indica que qualquer quantidade, crescendo exponencialmente, está comprometida, de certo modo, com um ciclo positivo de realimentação. Um ciclo positivo de realimentação é algumas vezes denominado um "círculo vicioso".

Um exemplo disso é a conhecida espiral de salário-preço: os salários aumentam, causando um aumento de preços que leva à exigência de salários mais altos, e assim por diante.

O ciclo positivo de realimentação, responsável pelo crescimento exponencial de dinheiro numa conta bancária, pode ser representado da seguinte forma:



A partir dessas considerações iniciou-se a análise dinâmica da situação mundial a longo prazo, procurando os ciclos positivos de realimentação para o crescimento exponencial nas cinco quantidades físicas mencionadas: população, produção de alimentos, industrialização, poluição e consumo de recursos naturais não-renováveis.

#### 4 — CRESCIMENTO EXPONENCIAL NO MODELO MUNDIAL

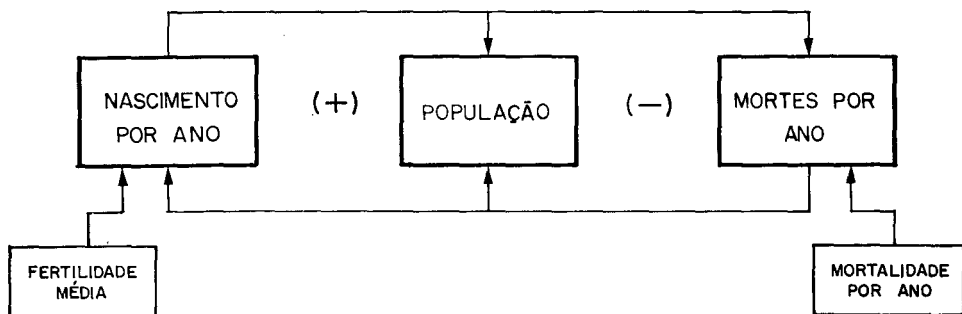
Identificados os ciclos positivos do crescimento de cada elemento do sistema mundial, eles foram analisados de conformidade com a teoria da modelação dinâmica para cada elemento isolado e posteriormente em suas conexões com outros ciclos positivos de realimentação que exercem ação quer na ampliação ou alimentação do sistema quer na diminuição da ação dos ciclos.

Desse modo, foram construídos diversos modelos de crescimento exponencial:

a) *População Mundial* — série temporal: 1650-2000.

Desde 1650 a população mundial está crescendo exponencialmente a uma taxa que está aumentando. Em 1650 a população era de cerca de 0,5 bilhão e crescia a uma taxa de 0,3% ao ano. Isto correspondia a uma taxa de duplicação de quase 250 anos. Em 1970 a população totalizava 3,6 bilhões e a taxa de crescimento era de 2,1% ao ano; e o período de duplicação correspondia a 33 anos.

Assim, não apenas a população vem crescendo exponencialmente, mas a taxa de crescimento também vem aumentando. Trata-se, portanto, de um crescimento “superexponencial”. A previsão para o ano 2000 é de 7 bilhões de habitantes e os ciclos de realimentação podem ser representados da seguinte forma:



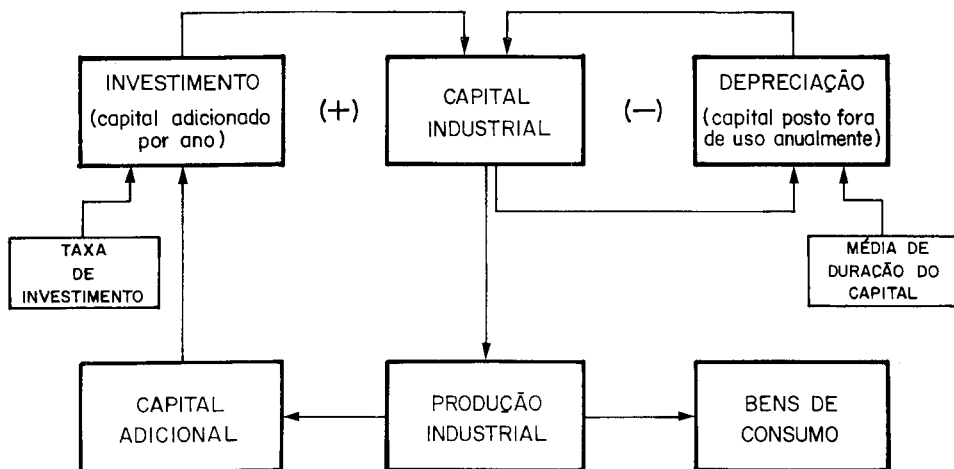
b) *Produção Industrial Mundial*

A PIM vem crescendo mais depressa do que a população humana.

A produção industrial é observada a partir de 1930, tendo como base de referência a produção de 1963. A taxa média de crescimento de 1963 a 1968 foi de 7%

ao ano ou de 5% ao ano na base de produção *per capita*.

O ciclo positivo de realimentação responsável pelo crescimento exponencial é assim descrito: o capital industrial (fábricas, caminhões, ferramentas, máquinas, etc.) conduz a uma certa produção industrial manufaturada cada ano. A produção realmente produ-



zida depende também do trabalho, matérias-primas e outros fatores de produção, mas, por enquanto apenas o capital industrial é considerado fator limitante na produção — o modelo mundial desenvolvido nesse informe inclui estes outros fatores. A maior parte da produção de cada ano é de bens de consumo, tais com têxteis, automóveis e casas, que abandonam o sistema industrial. Porém, uma fração da produção é capital adicional — teares, usinas siderúrgicas e tornos pesados e centrais elétricas — que é um investimento para fazer crescer o estoque de capital. Temos aqui outro ciclo positivo de realimentação. Mais capital cria mais produção, uma fração variável da produção torna-se investimento e mais investimento significa mais capital. A nova e maior reserva de capital gera ainda mais produção e assim por diante.

Mas a reserva de capital não é permanente. A medida que o capital se desgasta ou se torna obsoleto, é descartado. Daí a consideração, no modelo, de um ciclo negativo de realimentação. Quanto mais capital houver tanto mais se desgasta, em média, cada ano; e quanto mais capital se desgasta maior será a necessidade de repo-

sição. Este ciclo negativo de realimentação é exatamente análogo ao ciclo da taxa de mortalidade no sistema de população. Como no sistema de população, o ciclo positivo é fortemente dominante no mundo de hoje, e a reserva de capital industrial do mundo está crescendo exponencialmente.

Desde que a taxa de crescimento da produção industrial está crescendo a 7% ao ano e a de crescimento da população cresce somente a 2%, uma simples extrapolação sugeriria que o padrão material de vida da população mundial dobraria dentro dos próximos 14 anos. Mas isso não acontecerá porque a produção industrial do mundo não é equitativamente distribuída entre todos os cidadãos. A falácia desta suposição pode ser avaliada quando se examinam as taxas de crescimento econômico *per capita* de algumas nações tomadas individualmente.

A maior parte do crescimento industrial do mundo está ocorrendo nos países industrializados, onde a taxa de crescimento da população é comparavelmente baixa.

O que realmente está ocorrendo é que o rico torna-se mais rico e o pobre ganha mais filhos.

Conclusão: se os ciclos positivos e negativos não forem alterados, a distância absoluta entre as nações ricas e pobres estará inexoravelmente alargada.

## 5 — OS LIMITES DO CRESCIMENTO EXPONENCIAL

A partir desse momento os autores do livro começam a antever a existência de limites do crescimento exponencial.

Indagam: o que será necessário para manter o crescimento da economia e da população do mundo até o ano 2000, e talvez mesmo além desta data? Encontram a resposta em duas categorias de necessidades: *necessidades físicas* e *necessidades sociais*. As necessidades físicas, representadas por alimentos, matérias-primas, combustíveis fósseis e nucleares e os sistemas ecológicos do planeta, que absorvem refugos e reciclam importantes substâncias químicas básicas, mantêm toda atividade fisiológica e industrial. Tais componentes são computáveis. Uma outra categoria dos componentes necessários ao crescimento consiste em *necessidades sociais*. Mesmo que os sistemas físicos da terra sejam capazes de sustentar uma população muito maior e mais desenvolvida economicamente, o crescimento real da economia e da população dependerão de fatores como paz, estabilidade social, instrução, emprego e de um constante progresso tecnológico, fatores difíceis de avaliar e predizer.

Nesta fase de desenvolvimento — FASE 1 — o modelo mundial não lidou explicitamente com os fatores sociais, a não ser na medida em que as informações sobre a quantidade e distribuição dos suprimentos físicos podiam indicar problemas sociais passíveis de ocorrer no futuro. Alimentos, re-

servas naturais e um meio ambiente sadio são condições necessárias, mas não suficientes, para o crescimento. Mesmo que sejam abundantes, o crescimento pode ser interrompido por problemas sociais. Contudo, é suposto, por enquanto, que prevalecerão as melhores condições sociais possíveis.

Surge daí a seguinte questão: *qual o crescimento que o sistema físico poderá então suportar?*

a) *Quanto aos alimentos* — ninguém sabe, exatamente quantas pessoas no mundo são, hoje em dia, alimentadas inadequadamente, mas há concordância geral quanto a um grande número, talvez 50 a 60% da população dos países menos desenvolvidos (1/3 da população do mundo). Cálculos feitos pela Organização para Alimentos e Agricultura das Nações Unidas (FAO) indicam que, na maioria dos países em desenvolvimento, as exigências de calorias e de proteínas não estão sendo satisfeitas. Além disso, a taxa de crescimento da produção total de alimento nas regiões não industrializadas do mundo é pouco superior à do crescimento da população. Assim, a produção de alimentos *per capita* tem permanecido quase constante a um nível baixo (série temporal — 1958-1968).

b) *Quanto à Terra Cultivável* — o recurso básico necessário à produção de alimentos é o solo. Estudos indicam que há, no máximo, cerca de 3,2 bilhões de hectares de terra potencialmente apropriada à agricultura. Aproximadamente a metade deste solo, justamente a metade mais rica e acessível, está sendo atualmente cultivada. O restante exigirá imensos investimentos de capital para ser adquirido, explorado, limpo, irrigado ou fertilizado, antes de estar pronto para produzir alimentos. Os custos recentes de aproveitamento de no-

vas terras são da ordem de 215 a 5,275 dólares por hectare. O custo médio de preparação de terras em áreas despovoadas tem sido de 1.100 dólares por hectare. De acordo com o relatório da FAO, o condicionamento de mais terras para a agricultura não é economicamente viável, e é urgente a necessidade de alimentos no mundo de hoje.

Contudo, admitindo a hipótese de que a população do mundo decidisse pagar os altos custos de capital para cultivar todas as terras possivelmente cultiváveis, e produzir a maior quantidade possível de alimentos, quantas pessoas poderiam, teoricamente, ser alimentadas? Para responder a esta questão foram traçadas curvas com base em séries temporais de 1650 ao ano 2000. Uma curva (inferior) representa a quantidade de solo necessário para alimentar a crescente população mundial. Admitindo-se que a atual média anual de 0,4 ha/pessoa seja suficiente para alimentar a população inteira do mundo (nos padrões atuais dos Estados Unidos da América, seriam necessários 0,9 ha/pessoa). Outra curva (superior) mostra a quantidade real de terras disponíveis para serem cultivadas com o correr do tempo. Esta linha se inclina para baixo, porque cada pessoa adicional exige certa quantidade de solo (0,8 ha/pessoa, conforme foi admitido neste trabalho) para habitação, estradas, destino para os detritos, linhas de transmissão de força, e outros beneficiamentos que, por força, "cobrem" o solo cultivável para a produção de alimentos.

A perda de solo por erosão não é mostrada, mas é sabido que ela não é insignificante. Um gráfico mostra que mesmo com a admissão otimista de que todo o solo disponível seja utilizado, ainda assim haverá uma desesperadora escassez do mesmo antes do ano

2000 se as exigências *per capita* e os índices de crescimento da população continuarem como estão hoje.

Hoje, 10 a 20 milhões de mortes, cada ano, podem ser atribuídas, direta ou indiretamente, à desnutrição. Não há dúvida de que muitas destas mortes sejam devidas mais às limitações sociais do que às limitações físicas do mundo. No entanto, existe uma evidente ligação entre estes dois tipos de limitações no que se refere ao sistema de produção de alimentos. Se terras boas e férteis fossem ainda facilmente encontradas e incorporadas à lavoura não haveria nenhuma barreira econômica para alimentar os famintos, e nem opções sociais difíceis a serem feitas. Contudo, a melhor metade dessas terras potencialmente cultiváveis já está sendo utilizada, e o preparo de novas terras é tão dispendioso que a sociedade tem julgado esta medida como sendo antieconômica.

Este é um problema social agravado por uma limitação física.

O crescimento exponencial da *procura de alimentos* resulta do ciclo positivo de realimentação que está agora determinando o crescimento da população humana. Entretanto, deve ser observado que o *abastecimento* de alimentos que se pode esperar no futuro não depende apenas do solo, mas também da água doce e também do capital agrícola, que, por sua vez, depende de outro ciclo positivo de realimentação dominante no sistema: o ciclo de investimento de capital.

O preparo de novas terras, o aproveitamento do mar, ou o uso crescente de fertilizantes e pesticidas exigirão um aumento de reserva de capital dedicado à produção de alimentos.

Os recursos que permitem o aumento desta reserva de capital não tendem a ser recursos reno-

váveis, como a terra e a água, mas sim reservas não-renováveis, tais como os combustíveis e os metais. Assim, a futura expansão da produção de alimentos está intimamente subordinada a disponibilidade de reservas não-renováveis.

*Há, no mundo, limites para o suprimento destes recursos naturais?*

c) *Recursos não-renováveis*

A seguir, o modelo mundial nos mostra três curvas de séries temporais de diversos recursos naturais não-renováveis: alumínio, cobre, carvão, petróleo, ferro, manganês, cobalto, etc.

As curvas representam reservas, custo real para sua extração e taxa de uso. Elas nos mostram projeções segundo as quais indicam limites de crescimento de seu uso.

## 6 — POLUIÇÃO

Além dos limites do crescimento motivados pela carência ou exaustão de recursos do sistema físico, como foi mostrado, há o problema paralelo e sempre crescente da deterioração ambiental, e mais especificamente da poluição.

Todo poluente já medido como uma função do tempo parece estar crescendo exponencialmente.

A taxa de crescimento de alguns poluentes está crescendo mais rapidamente do que a população.

Alguns poluentes acham-se em relação direta com o crescimento da população, ou com a atividade agrícola, que tem relação com o crescimento populacional. Outros são mais intimamente relacionados com o crescimento da indústria e com o avanço tecnológico.

No complicado sistema mundial, a maioria dos poluentes é, de certo modo, influenciada pelos ciclos

positivos de realimentação tanto da população quanto da industrialização.

a) Análise dos poluentes relacionadas com o crescente uso de energia.

— *Combustíveis fósseis* — 97% da produção de energia industrial. Produz poluição química: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e poluição térmica, uma vez que, de acordo com a lei da termodinâmica, toda energia usada pelo homem tem que ser, em última instância, difundida como calor.

— *Energia Nuclear* — produz resíduos radioativos.

O dióxido de carbono, a energia térmica e os resíduos radioativos são apenas três das inúmeras desordens que o homem está introduzindo no meio ambiente, a uma taxa que cresce exponencialmente.

O referido modelo mundial não indica os limites máximos para as curvas de crescimento exponencial dos poluentes, porque se desconhece o quanto podemos perturbar o equilíbrio ecológico natural da terra sem incorrerem em sérias conseqüências.

## 7 — HIPÓTESES QUANTITATIVAS

No mundo real, as influências causais não são, na sua maioria, lineares. Isto quer dizer que uma determinada mudança numa variável afeta outras variáveis.

Assim considerando, foram realizados diversos modelos do sistema mundial conjugando ciclos positivos de realimentação daquelas variáveis (cinco), e chegou-se à conclusão de que existem limites de crescimento impostos pela natureza, que deverá se opor ao processamento-padrão do modelo mundial.

a) *O processamento-padrão do modelo mundial* supõe que não



haja alterações importantes nas relações físicas, econômicas ou sociais que, historicamente, têm regido o desenvolvimento do sistema mundial. As variações traçadas pelo computador seguem os valores históricos de 1900 a 1970. Alimentos, produção industrial e população crescem exponencialmente até que a diminuição rápida de recursos force uma diminuição do crescimento industrial. Devido a atrasos naturais do sistema, tanto a população como a poluição continuam a crescer durante algum tempo, depois do apogeu da industrialização. O crescimento da população é, finalmente, interrompido por um aumento da taxa de mortalidade devido à diminuição de alimentos e de serviços médicos.

Sempre admitindo o processamento-padrão do modelo mundial, foram realizados diversos modelos que mostramos a seguir.

b) *Modelo mundial com reservas duplicadas*

Para verificar a hipótese do modelo sobre os recursos naturais disponíveis, duplicaram-se as reservas naturais existentes em 1900, conservando todas as outras hipóteses idênticas às do processamento-padrão. Agora a industrialização pode atingir um nível mais alto porque os recursos naturais não se esgotam com tanta rapidez. Contudo, o complexo industrial maior produz poluição a uma taxa tão alta que os mecanismos ambientais de absorção da mesma ficam saturados. A poluição cresce muito rapidamente, causando um aumento imediato na taxa de mortalidade e um declínio na produção de alimentos (pouco além do ano 2000). No final do processamento (ano 2100) os recursos naturais se encontram severamente esgotados, apesar da quantidade duplicada que se tinha no início.

c) *Modelo mundial com reservas ilimitadas*

O problema do esgotamento de recursos naturais no sistema do modelo mundial é eliminado nesta hipótese por duas suposições: a de que a energia nuclear "ilimitada" duplicará as reservas de recursos naturais que podem ser exploradas; e a de que a energia nuclear possibilitará a realização de programas extensivos de reciclagem e substituição. Se essas forem as *únicas* mudanças introduzidas no sistema, o crescimento será interrompido pelo aumento de poluição, como foi mostrado no modelo anterior.

d) *Modelo mundial com reservas "ilimitadas" e controle de poluição*

Maior processo tecnológico é acrescentado ao modelo mundial em 1975 para evitar o esgotamento dos recursos naturais e os problemas de poluição surgidos nos processamentos (hipóteses) anteriores do modelo. Admitimos aqui que a geração de poluição por unidade de produção industrial e agrícola pode ser reduzida a um quarto do seu valor em 1970. As condutas adotadas relativas aos recursos naturais são iguais as do modelo "b" (p. 125). Essas alterações permitem que a população e a indústria cresçam até que o limite de terras cultiváveis seja atingido. A quantidade de alimentos *per capita* diminui e o crescimento industrial decresce à medida que o capital é desviado para a produção de alimentos. Antes do ano 2100 a população decresce rapidamente (p. 134).

e) *Modelo mundial com reservas "ilimitadas", controle da poluição e aumento da produção agrícola*

Para evitar a crise de alimentos ocorrida no processamento anterior, além das condutas adotadas nesse processamento anterior em

relação à poluição e aos recursos naturais, duplica-se o rendimento médio da terra em 1975. A combinação dessas três condutas elimina tantas restrições ao crescimento que a população e a indústria atingem níveis bastante altos (a indústria, cerca do ano 2000, e a população, pouco além do ano 2000). Embora cada unidade de produto industrial gere muito menos poluição, o aumento da produção total é o suficiente para criar uma crise de poluição, que põe fim ao aumento (p. 135).

f) *Modelo mundial com reservas "ilimitadas", controle de poluição e um perfeito controle de natalidade*

Ao invés de um aumento na produção de alimentos, um aumento na efetividade do controle de natalidade é testado como medida para evitar o problema de alimentos. Uma vez que o controle de natalidade é voluntário e não envolve nenhuma mudança de valores, a população continua a crescer, porém mais lentamente do que na hipótese "d" da página 134.

Apesar disso, a crise de alimentos é adiada por apenas uma década ou duas. Cerca do ano 2050 a produção de alimento se torna crítica e a população decresce drasticamente (p. 138).

g) *Modelo mundial com reservas "ilimitadas", controle de poluição, produção agrícola aumentada e "perfeito" controle de natalidade.*

Quatro medidas tecnológicas simultâneas são introduzidas no modelo mundial, numa tentativa de evitar a situação de crescimento e colapso dos processamentos anteriores. Os recursos naturais são inteiramente explorados e 75% dos recursos usados são reciclados. A geração de poluição é reduzida a um quarto de seu valor em 1970. Os rendimentos da terra são duplicados e métodos efetivos

de controle de natalidade tornam-se disponíveis à população mundial. O resultado é o êxito na manutenção temporária de uma população constante com uma renda média mundial *per capita* que se aproxima do nível da atual nos Estados Unidos. No entanto, no final o crescimento industrial é interrompido e a taxa de mortalidade aumenta à medida que se esgotam os recursos naturais, que a poluição se acumula e que diminui a produção de alimentos (p. 140).

## 8 — ESTADO DE EQUILÍBRIO GLOBAL

Após o procesamento dessas hipóteses e do processamento de cinco diferentes modelos mundiais de estabilização a partir de 1975, os autores deste informe concluem pela necessidade de se alcançar o que eles chamam de *estado de equilíbrio global* a partir de um esforço para se conseguir uma autolimitação de crescimento.

Segundo seus autores, a aceitação dos limites de crescimento impostos pela natureza não exige maior esforço senão deixar que as coisas ocorram naturalmente e esperar para ver o que acontece. O resultado dessa decisão, como demonstram os autores desse informe, será uma diminuição incontrolável da população e do capital. Isto poderá ocorrer em épocas diferentes e em diferentes partes do mundo, ou poderá acontecer no mundo inteiro. Poderá ser súbito ou gradativo. Se o limite a ser alcançado for de produção de alimentos, os países não-industrializados sofrerão a maior redução de população. Se o limite for imposto pelo esgotamento dos recursos naturais não-renováveis, os países industrializados serão os mais afetados.

É possível que o colapso não diminuisse a capacidade da terra

para manter a vida animal e vegetal, ou pode ser que a capacidade de manutenção fosse reduzida ou destruída. Certamente, qualquer que fosse a fração da população humana restante no final do processo, ela teria muito pouco com que construir uma nova sociedade sob qualquer forma imaginável no presente.

Compreendem-se pois, os motivos pelos quais os autores de *The Limits to Growth* propõem “um esforço para se conseguir uma auto-limitação de crescimento”. Reconhecem que a supressão controlada e deliberada do crescimento seria um enorme desafio difícil de enfrentar, mas esta se torna urgentemente necessária para se criar um estado que eles denominam de “estado de equilíbrio”.

*Como seria o estado de equilíbrio?*

Equilíbrio seria um estado de estabilidade ou de igualdade entre forças contrárias. Nos termos dinâmicos do modelo mundial, as forças contrárias são aquelas que causam o aumento da população e do estoque de capital (desejo de ter família numerosa, baixa eficiência no controle da natalidade, alta taxa de investimento de capital, etc.) e as que causam diminuição da população e do estoque de capital (falta de alimento, poluição, taxa alta de depreciação ou obsolescência). Assim, a definição básica do estado de equilíbrio global é que a *população e o capital são essencialmente estáveis, estando as forças que tendem a aumentá-las ou diminuí-las em estado de equilíbrio controlado.*

Para se ter o estado de equilíbrio global eles consideram necessário um “conjunto mínimo de exigências”:

1.<sup>a</sup>) a fonte de capital e a população devem ser constantes em tamanho. Isto é, a taxa de natalidade deve ser igual à taxa de

mortalidade; e a taxa de investimento deve ser igual à taxa de depreciação;

2.<sup>a</sup>) todas as taxas de aplicação de recursos e de produção — nascimentos, mortes, investimentos e depreciação — devem ser mantidas dentro de um mínimo;

3.<sup>a</sup>) os níveis de capital e de população e a sua porção devem ser fixados de acordo com os valores da sociedade. Podem ser deliberadamente revisados e ajustados vagarosamente à medida que os avanços tecnológicos criem novas opções.

## 9 — CONCLUSÕES

Finalmente a equipe desse trabalho chega às seguintes conclusões:

1.<sup>a</sup>) se as atuais tendências de crescimento mundial da população, industrialização, poluição, produção de alimentos e diminuição dos recursos naturais continuarem imutáveis, os limites de crescimento neste planeta serão alcançados algum dia dentro dos próximos cem anos. O resultado mais provável será o declínio súbito e incontrolável tanto da população quanto da capacidade industrial;

2.<sup>a</sup>) é possível modificar estas tendências de crescimento e formar uma condição de estabilidade ecológica e econômica (condição de estabilidade ecológica e econômica é o mesmo que estabilidade de equilíbrio global) que se possa manter até um futuro remoto. O estado de equilíbrio global poderá ser planejado de tal modo que as necessidades materiais básicas de cada pessoa na terra sejam satisfeitas, e que cada pessoa tenha igual oportunidade de realizar seu potencial humano individual;

3.<sup>a</sup>) se a população do mundo decidir empenhar-se em obter este

segundo resultado em vez de lutar pelo primeiro, quanto mais cedo começar a trabalhar para alcançá-lo maiores serão suas possibilidades de êxito.

#### ANEXO:

*Síntese a partir, principalmente, do comentário de Bertran Murray Jr. (Prof. de Zoologia no Departamento de Ciências da Universidade de Rutgers) a propósito do informe The Limits to Growth do Clube de Roma. O comentário foi publicado no New York Times Magazine, dezembro de 1972, com o título de Continuous Growth or no Growth. What the ecologists can teach the economists.*

Os autores desse relatório (*The Limits to Growth*), usando modelo mundial, admitidamente simplificado, alimentaram um computador com dados e concluíram com “alguma confiança que, pressupondo-se que não haverá grande mudança no atual sistema, o crescimento populacional e industrial cessará certamente dentro do próximo século, o mais tardar”.

Os “otimistas” quanto ao futuro econômico e ao crescimento da população não aceitam esta concepção e acentuam as conseqüências econômicas potencialmente desastrosas de uma política de *não-crescimento*. Por exemplo, Peter Passel e Leonard Ross, escrevendo no *New York Times Magazine*, de 5 de março de 1972, consideraram que, “simplesmente, o crescimento é o único meio pelo qual os Estados Unidos poderão reduzir a pobreza”.

Bertran Murray Jr., ao contrário, não participa dessa opinião. Ele não tem dúvida de que os americanos terão de fazer uma escolha entre um sistema econômico de *crescimento contínuo* e um sistema econômico de *não-crescimento*. Qual a evidência que há para

apoiar um lado ou outro? Murray Jr. pensa que os americanos, antes de escolher, devem aprender a compreender a natureza da previsão do futuro. Toda previsão é derivada de modelos do mundo real. Predições simplificadas são sempre feitas quer se esteja predizendo as conseqüências do crescimento econômico quer a necessidade de se constituir usinas nucleares agora para satisfazer à demanda de energia em 1992.

Os modelos científicos são avaliados de acordo com o maior ou menor grau de precisão na previsão e descrição. Mas os modelos são avaliados por seres humanos e, por conseguinte, os modelos são freqüentemente aceitos ou rejeitados sob fundamentos emocionais que descrevam relações econômicas, biológicas ou físicas. Nas ciências sociais os modelos são também avaliados de acordo com as metas e valores do sistema: capitalismo ou socialismo, democracia ou fascismo, não são bons nem maus, a não ser na medida em que se ajustam às metas e valores das sociedades que os praticam, ou para os membros das sociedades vizinhas.

Tanto os ecologistas como os economistas desenvolveram modelos que descrevem as relações de causa e efeito dentro de seus respectivos sistemas. Parece incrível que os economistas e os ecologistas não tenham partilhado até agora suas idéias porque ambos estudam o mesmo fenômeno, ainda que em populações diferentes. Os ecologistas estudam a *competição* entre indivíduos e entre populações por recursos, o crescimento das populações e o movimento de matérias (isto é, água e minerais) em *sistemas ecológicos* (ecossistemas). Os economistas estudam a *competição* entre produtores por mercados, o crescimento da produção e a circulação de bens e recursos dentro de sistemas econômicos.

Em cada uma dessas áreas os ecologistas e os economistas possuem modelos que têm conseqüências inteiramente diferentes. Uma comparação desses modelos, disse Murray Jr., poderá nos capacitar a compreender melhor a escolha que teremos de fazer entre sistemas econômicos de *crescimento contínuo* e de *não-crescimento*.

Qualquer crescimento biológico tem um padrão característico com relação ao tempo. Qualquer que seja a natureza da população — sejam pássaros ou abelhas, protozoários ou células do corpo humano — seus números crescem lentamente a princípio, aumentam rapidamente antes de diminuírem e se nivelarem em um ponto de equilíbrio em que as células do tecido ou organismo, ou animais numa população, morrem na mesma proporção em que novos são formados. Este é o chamado *índice estável*.

O modelo econômico dos empresários e economistas americanos exige um crescimento que aumenta continuamente, que se reflete na meta de aumentos do produto nacional bruto (PNB). O crescimento econômico tem proporcionado aos americanos o padrão de vida dos mais elevados do mundo. Em contraste, um sistema econômico de *não-crescimento* ou de *estado-estável*, tem conseqüências, tais como riqueza material declinante e crescente desemprego na medida em que cresce a população. Diante desta alternativa, as pessoas mais razoáveis escolheriam o *crescimento contínuo* da economia americana. Mas poderá, indaga Murray Jr., um aumento anual de 4% no PNB, que exige a duplicação da produção e serviços em 17 anos, ser mantido?

Tais curvas de crescimento contínuo não são desconhecidas nos sistemas biológicos e físicos. Quando as células continuam se multiplicando nos tecidos animais

nós a chamamos de células cancerosas. Na verdade elas matam afinal o organismo anfitrião. As populações de animais que estão crescendo têm um destino semelhante, um desastre populacional decisivo. Um caso clássico é o da população de cervos que habita o platô Kaibab na extremidade norte do Grand Canyon. Em 1907 o Serviço de Parques começou a remover os predadores naturais do cervo: os leões das montanhas, lobos e coiotes. A população de cervos cresceu rapidamente de 4 mil para 100 mil em 1924. Esta população crescente exauriu seriamente os recursos de seu meio ambiente, finalmente, houve o desastre. Setenta mil cervos morreram de fome e doença no inverno de 1925/26. A população continuou a decrescer nivelando-se finalmente em torno de 10 mil.

Nos sistemas físicos, um exemplo de tal crescimento exponencial é a reação em cadeia dos núcleos de urânio-235. Um único nêutron divide um núcleo de urânio, libertando mais de dois ou três nêutrons (em média 2,5), que, por sua vez, dividem dois ou mais núcleos de urânio, que libertam um número cada vez maior de núcleos de urânio, resultando numa explosão nuclear que gera enorme quantidade de energia durante curto período de tempo.

Portanto, nos sistemas biológicos e físicos, o crescimento exponencial pode levar a desastre — morte de câncer ou um elevado aumento de taxa de mortalidade — tudo isso num curto período de tempo. Pois, como diz Murray Jr., as condições são evidentemente ótimas para um crescente aumento durante algum tempo. Se uma célula cancerosa, um cervo, ou um nêutron pudesse pensar e falar talvez dissessem: “meu Deus, as coisas não podiam ser melhores, pois parecemos estar prosperando”. Mas nós, seres humanos, conforme disse Murray Jr., pode-

mos pensar e saber, por observação, que estas condições duram pouco. Na natureza, a maioria da população está em equilíbrio. Por um meio ou outro, um aumento em número é seguido por um decréscimo. Portanto, em sistemas biológicos e físicos, as conseqüências de crescimento cada vez maior são precisamente aquelas previstas em *The Limits to Growth* para a população humana e o crescimento industrial, embora esta previsão possa ser teórica.

Uma segunda área de interesse para os meios ambientistas e que possui processos semelhantes nos sistemas econômicos é o *movimento de materiais*, os quais os ecologistas chamam, nos sistemas ecológicos, *ciclos bioquímicos*. Estes se referem ao movimento dentro dos sistemas ecológicos, de minerais, água, oxigênio, dióxido de carbono e outros nutrientes essenciais à vida. Por exemplo, o dióxido de carbono no ar é incorporado a moléculas orgânicas (carboidratos etc.) pela fotossíntese nas plantas. As plantas constituem a alimentação de certos animais que, por sua vez, são devorados por outros. O dióxido de carbono retorna ao ar pelo colapso químico das moléculas orgânicas do metabolismo (respiração) e da decomposição. De volta ao ar, o dióxido de carbono pode ser novamente incorporado em novas moléculas orgânicas. Em outras palavras, o dióxido de carbono segue um ciclo entre a atmosfera e os organismos vivos.

Os outros nutrientes são também reciclados através de um sistema ecológico, mas freqüentemente de maneira mais complexa: um lago, um campo ou uma floresta são mantidos por causa desta reciclagem de nutrientes essenciais que ocorre porque o refugio de uma espécie é a alimentação de algumas outras espécies. Mas a reciclagem não é 100% eficiente. Com o tempo há uma mudança na formação química ecológica. Isto

resulta num meio ambiente em constante transformação, que conduz o processo chamado sucessão. O *status quo* ecológico não pode ser mantido sem uma ciclagem perfeita. Num sistema ecológico simplificado feito pelo homem, como observa Murray Jr., podemos observar melhor as conseqüências da interferência na reciclagem dos nutrientes. Os minerais removidos do solo por uma safra de milho, por exemplo, chegam ao mercado, ou diretamente como milho ou indiretamente através de porcos alimentados com milho, ao invés de voltarem ao solo. Várias safras consecutivas exaurem seriamente a fertilidade do solo, pelo menos para o milho. Os agricultores, conscientes desse fato, fazem a rotação de suas plantações, cada safra substituindo aqueles minerais que a colheita anterior removeu. O refugio de uma colheita (o que ela coloca no solo) é o nutriente de outra.

A complexa novidade tecnológica do homem exige de seu meio ambiente não só alimento como também grandes quantidades de matérias-primas para a construção de casas, fábricas, carros, aparelhos, televisores, etc. A ciclagem destes materiais é praticamente zero. O ferro, por exemplo, é minerado, transformado em aço e incorporado em carros, que, após alguns anos de uso, são abandonados em algum campo. O ferro neste estado disperso não é mais minerável. Um ecossistema tecnológico que não recicla os materiais não terá mais probabilidade de se manter indefinidamente do que uma plantação de milho. É verdade que a reciclagem está aumentando nos Estados Unidos (como acontece com as garrafas e jornais), mas esta prática ainda não é um sistema de vida.

Como escreve Murray Jr., os ecologistas e economistas têm opiniões notavelmente diferentes quanto aos efeitos da competição

nos ecossistemas e sistemas econômicos, respectivamente. Uma pedra angular da teoria ecológica é o *princípio da exclusão competitiva*. Este princípio declara que espécies competitivas não podem coexistir indefinidamente. Se duas espécies estão utilizando um recurso do qual há escassez, uma delas será eliminada como competidora, ou “expulsa” do ecossistema ou forçada a usar outros recursos para sobreviver. Em outras palavras, duas espécies competitivas não podem no mesmo ecossistema ocupar o mesmo nicho ecológico, uma delas, para sobreviver, terá que mudar de ecossistemas, ou então permanecer no mesmo ecossistema, porém adaptando-se a outro nicho (observação do autor desta síntese). Resulta daí que nas comunidades animais, os ecologistas normalmente verificam que cada espécie difere das outras na sua utilização dos recursos do meio ambiente.

O *princípio da exclusão competitiva* é consistente não só nas observações em situações naturais como também nas experiências de laboratório. Nos anos 30, G.F. Gause, ecologista russo, demonstrou a “luta pela existência” entre espécie de células de levedura e entre espécies de protozoários. Mais tarde, Thomas Paik e seus colegas na Universidade de Chicago realizaram uma série de experiências com besouros. Em cada caso, apenas uma espécie podia sobreviver. Cada vez mais a evidência parece indicar que a competição reduz o número de competidores.

O modelo de competição dos economistas tem sido notadamente

diferente. A competição para eles serve para manter a diversidade e estabilidade nos sistemas; acreditam que com numerosos produtores competindo pelo mercado, nenhum produtor sozinho poderá controlar a indústria e, por conseguinte, fixar os preços e limitar a entrada de novos produtores no negócio. Na competição pelos mercados, os produtores aumentariam a eficiência e reduziriam os preços, ou aumentariam a qualidade, mantendo os mesmos preços. De uma forma ou de outra, o consumidor se beneficia. Assim dizem os economistas. Entretanto, conforme declara Murray Jr., a evidência sugere que a competição nos sistemas econômicos tem o mesmo efeito que a competição nos ecossistemas. Os produtores mais eficientes, ou maiores e mais poderosos, pressionam os menores, ou menos eficientes, a saírem do negócio, ou mesmo compram suas firmas, resultando em monopólio.

Por essas razões, o grupo de Massachusetts, autor de *The Limits to Growth*, da mesma forma que os autores de *Blueprint For Survival* (elaborado por cientistas ingleses) defendem a paralisação do desenvolvimento em favor de uma reavaliação dos objetivos da sociedade moderna. Os autores do segundo trabalho chegam a propor a substituição da sociedade industrial de economia de escala por uma rede de pequenas comunidades, concebidas, conforme eles acreditam, de modo a se incorporarem mais facilmente nos ciclos regeneradores da própria natureza.