

## O conceito de escala e o desenvolvimento sustentável: Implicações sobre os recursos energéticos e hídricos

*Antonio Carlos Demanboro (1)  
Carlos Alberto Mariotoni (1,2,3)*

### **Resumo**

O balanço energético e hídrico no planeta e seu inter-relacionamento com o crescimento demográfico são apresentados, com vista a elaboração de cenários para o desenvolvimento sustentável. São abordadas as questões de escala e de capacidade de suporte do planeta, a partir dos conceitos de sustentabilidade máxima e ótima, antropocêntricas e biocêntricas. São elaborados dois cenários com base na disponibilidade de terras férteis, de recursos hídricos e no consumo de energéticos, e nas projeções de crescimento populacionais, denominados "agrícola-sustentável" e "água-compartilhada".

### **Abstract**

The relationships between both the demographic growth and the water and energetic resources are focused. The planet scale and carrying capacity are discussed starting from the maximum and optimum sustainable concepts,

both antropocentric and biocentric. Two scenarios denominated 'sustainable-agriculture' and "sharing-water" are elaborated with the available resources of water, fertile lands and energy consumption, and with the population trends.

**Palavras-Chave** - recursos hídricos, desenvolvimento sustentável, escala.

## ***Introdução***

A população mundial e suas atividades antrópicas já atingiram uma escala de utilização dos recursos naturais disponíveis que obrigam a todos pensarem de uma nova maneira para o futuro, notadamente se considerar-se que a população mundial está prevista estabilizar-se, por volta do ano 2050, em aproximadamente 10,8 bilhões de habitantes, o que representa cerca de 4,8 bilhões a mais que a população atual.

A distribuição da população, devido aos vários fatores, não está se desenvolvendo de forma harmoniosa com relação às fontes de recursos naturais no planeta, ocasionando uma concentração populacional em áreas com pouca disponibilidade de recursos hídricos e energéticos e de escassez de terras férteis.

Além disso, alguns países altamente industrializados, e com população declinante, vem deteriorando seu ambiente natural para sustentar um nível de consumo de produtos muito superior ao da maioria das pessoas do mundo. A crescente globalização impõe uma ruptura no tipo clássico de delimitação geográfica, uma vez que a formação de blocos econômicos com interesses hegemônicos em nível mundial e a crescente escassez dos recursos naturais, estabelecem uma nova dinâmica no uso dos recursos energéticos e em especial no uso da água, que passa a ser gradativamente transformada em uma "commoditie" a ser comercializada a partir dos interesses desse "mercado global".

O conceito de escala e suas implicações sobre os planejamentos energético e ambiental, na busca do desenvolvimento sustentável, são discutidos no presente artigo.

## ***Balanço hídrico do planeta***

O volume total de água no planeta é constante e as reservas somam aproximadamente 1.386 milhões de km<sup>3</sup>. O volume de água doce representa cerca de 35 milhões de km<sup>3</sup>, ou 2,52% da quantidade total de água no planeta.

Deste volume de água doce, os rios representam 0,006%, os lagos 0,26% e a água contida na atmosfera 0,04%. A distribuição de água no planeta não é uniforme, o que produz alterações continentais, regionais e locais no uso dos recursos hídricos, com profundas implicações econômicas. Neste sentido, Gleick (1993), afirma que:

*"Uma das mais importantes características do ciclo global de água doce ..., é sua desigual distribuição espacial e temporal. Apesar da água ser abundante na média global, nós freqüentemente não a obtemos quando e onde queremos, ou na forma que ela é desejada."*

Na tabela 1 é apresentada a distribuição de água na biosfera, e seu tempo de renovação.

**Tabela 1. Distribuição de água na biosfera e tempo de renovação.**

Local	volume (10e3 km3)	percentual do total (%)	tempo de renovação
Oceanos	1.370.000	97,61	3100 anos
Calotas polares e geleiras	29.000	2,08	16000 anos
Água subterrânea	4.000	0,29	300 anos
Água doce de lagos	125	0,009	1-100 anos
Água salgada de lagos	104	0,008	10-1000 anos
Água misturada no solo	67	0,005	280 dias
Rios	1,2	0,00009	12-20 dias
Vapor d'água na atmosfera	14	0,0009	9 dias

Fonte: R.G. Wetzel, 1983.

Na tabela 2 é apresentado o consumo de água no planeta desde o ano de 1900, por setor consumidor.

**Tabela 2 - Consumo de água por setor consumidor**

Sector/consumo anual (km3)	1900	1950	1970	1980	2000
Agricultura	409	859	1400	1730	2500
Indústria	4	15	38	62	117
Municipal	4	14	29	41	65
Reservatório	-	7	66	120	220
Total	417	894	1540	1950	2900

Fonte: Water in Crisis, 1993.

O homem tem utilizado, em suas atividades, aproximadamente 2,5 vezes mais água do que a disponível em todos os rios do planeta; o que tem obrigado a crescente utilização de água existente nos lagos e em lençóis subterrâneos.

O ser humano está atualmente utilizando mais da metade do total de água disponível diretamente dos rios e se espera que tal proporção chegue a 70% no ano 2025 (ONU, 1997).

Atualmente há mais de 1 bilhão de pessoas sem suficiente disponibilidade de água para consumo doméstico, e se estima que em 30 anos haverão 5,5 bilhões de pessoas vivendo em áreas com moderada ou séria falta d'água (ONU, 1997).

Ao calcular-se a razão entre a quantidade total de água doce em rios e lagos, de 126.200 km<sup>3</sup> e o volume anual utilizado pelo homem de 2900 km<sup>3</sup>, obtém-se um tempo de circulação de 44 anos, tempo este bastante menor que o tempo de renovação do recurso em escala global.

Com relação à escassez hídrica, padrões internacionalmente aceitos consideram a faixa de disponibilidade entre 1000 e 2000 m<sup>3</sup> per capita/ano como de potencial escassez e, disponibilidades inferiores a 1000 m<sup>3</sup> como escassez real (Gleick, 1993).

Estudos mais recentes (ONU, 1997) tem refinado aquele parâmetro e definido a escassez hídrica como uma razão entre a retirada de água e a disponibilidade hídrica anual. Assim, uma razão menor que 10% indica pequenos problemas de gerenciamento de recursos; uma faixa de 10-20% indica que a disponibilidade hídrica está se tornando um fator limitante e investimentos significativos serão necessários no futuro; retiradas de água superior a 20% em relação a água disponível indica que o gerenciamento tanto do suprimento como da demanda serão necessários e que resoluções sobre conflitos de uso terão que ser tomadas para assegurar a sustentabilidade.

A disponibilidade hídrica per capita para os blocos geo-econômicos e o enquadramento quanto a escassez hídrica percentual, é apresentada na tabela 3. Os dados básicos da população mundial referem-se ao ano de 1997 e foram ajustados para o ano 2000 através da taxa de crescimento prevista pelo Population Reference Bureau (1997). Os países desenvolvidos foram tomados como sendo aqueles pertencentes à OCDE.

**Tabela 3 - Disponibilidade hídrica de água doce per capita e escassez hídrica, para o ano 2000.**

Bloco	População ano 2000 (milhões)	part. (%)	disp.per capita (m <sup>3</sup> /ano)	escassez hídrica (%)(*)
África	790	13	3966	<10 a 40
América Latina	508	8	24973	<10
Ásia	3678	61	4050	20 a 40
OCDE	1061	18	11196	10 a 40
Mundo	6037	100	7055	-

Fonte: Population Reference Bureau (1997); (\*) ONU (1997).

Verifica-se que a América Latina apresenta a melhor disponibilidade hídrica do planeta.

Para os países membros da OCDE, apesar de apresentarem uma boa disponibilidade hídrica per capita, a quantidade e a qualidade dos recursos está bastante comprometida devido a escala atingida pelos processos produtivos industrial e agrícola. A Ásia e parte da África apresentam situação crítica, devido a enorme população concentrada em países desses continentes.

### ***O balanço energético do planeta***

A evolução do consumo dos recursos energéticos no planeta no período 1972/1992, é apresentada na tabela 4.

**Tabela 4. Uso de energia primária nos blocos geo-econômicos do mundo (bilhões de TEP).**

Bloco/Consumo	Consumo (Kcal/hab.dia)	Consumo Total (bilhões TEP)	Participação (%)
África	7.491	0,2	2,5
América Latina	23.298	0,4	5,0
Ásia	12.872	1,6	20,0
OCDE	161.750	5,8	72,5
Média Mundial	39.210	8,0	100,0

Em termos absolutos houve um aumento de 57% no consumo de energéticos no período, que corresponde a aproximadamente a uma taxa de crescimento de 2,3% ao ano.

Em termos relativos, a Ásia aumentou sua participação de 10% para 20% no período. América Latina e África permaneceram estáveis e a OCDE teve uma perda de 9 pontos percentuais em sua participação no uso de energia primária, apesar de ainda responder por 73% do consumo de energia no planeta e por apenas 17% da população mundial. Neste sentido Gleick (199 ) afirma que:

*"Grandes desigualdades no uso de energia entre nações desenvolvidas e em desenvolvimento terão que ser encaradas no futuro próximo. Os indivíduos nos países desenvolvidos do mundo - que correspondem a menos de ¼ da população mundial - usam uma média de 7,5 kW per capita. Os outros ¾ das pessoas que vivem em países em desenvolvimento usam cerca de 1,1 kW per capita, para um uso global de energia próximo de 14 terawatts em 1990... Mesmo assumindo grande progresso na eficiência energética, para diminuir a distância entre ricos e pobres, prover a 9 bilhões de pessoas na metade do próximo século com uma média de 3 kW per capita requeriria dobrar o uso global de energia da atualidade".*

O consumo de energéticos e sua participação no suprimento mundial no período 1970-94, são apresentadas na tabela 5.

**Tabela 5. Consumo de energéticos no mundo - 1970/94  
(bilhões de TEP)**

Combustível/ano	1970	Participação (%)	1994	Participação (%)
sólido	1,0	25	2,3	30
líquido	2,0	50	2,8	36
gás	0,9	22	1,9	24
eletricidade	0,1	3	0,8	10
<b>Total</b>	<b>4,0</b>	<b>100</b>	<b>7,8</b>	<b>100</b>

Fonte: ONU, 1997.

Destaca-se o crescimento elevado do grau de participação da eletricidade no período, e a sensível diminuição da participação de combustíveis líquidos na matriz energética mundial.

Na tabela 6 é apresentado o consumo energético per capita e total, atual.

**Tabela 6. Consumo de energia per capita e total nos blocos geo-econômicos do mundo**

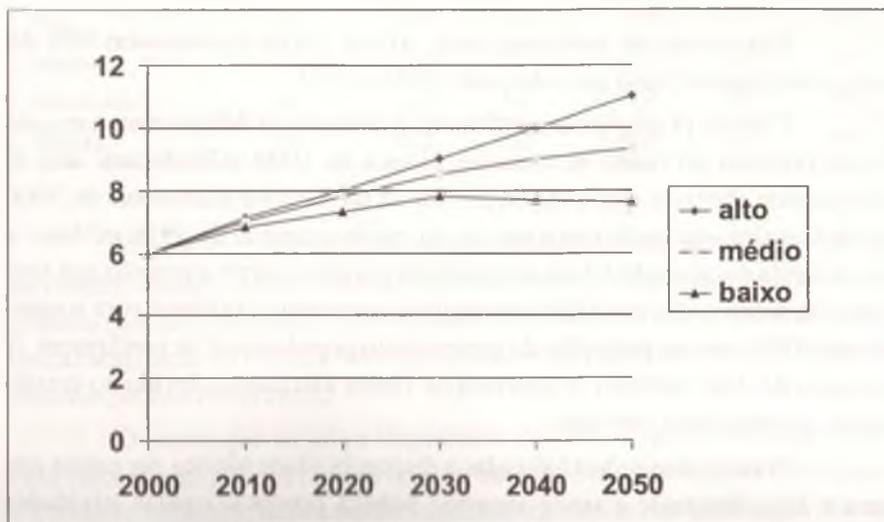
Bloco/Consumo	Consumo (Kcal/hab.dia)	Consumo Total (bilhões TEP)	Participação (%)
África	7.491	0,2	2,5
América Latina	23.298	0,4	5,0
Ásia	12.872	1,6	20,0
OCDE	161.750	5,8	72,5
Média Mundial	39.210	8,0	100,0

### **A escala demográfica e os recursos energético e hídricos**

#### **As projeções de crescimento demográfico**

A população mundial atual é de 6 bilhões de habitantes e a evolução do seu crescimento, estimado pela ONU (1997), é apresentada na figura. 1.

**Figura 1 - Evolução da população mundial.**



Fonte: ONU, 1997

Assim, para o ano 2050, ter-se-á uma população variando entre 7,8-11 bilhões de habitantes, com uma média de 9,0-10 bilhões. Esta população tenderia estabilizar-se neste nível de 9 a 10 bilhões, atingindo-se assim o ponto de saturação populacional em 2050.

### **A distribuição das populações no mundo e os recursos energéticos e hídricos**

O acréscimo previsto de mais de 4 bilhões de habitantes (cenário alto) aumentará a pressão sobre os recursos hídricos, conforme mostrado na tabela 7.

**Tabela 7 - Distribuição da população mundial e escassez hídrica, para o ano 2050.**

Bloco	População ano 2050 (milhões)	Acrescimento população (2050-2000)	part. (%)	Disponibilidade (m <sup>3</sup> /ano)	Escassez hídrica em 2050 (%)
África	2183	1393	20	1435	10 a 40
América Latina	939	431	8	13510	<10
Ásia	6566	2888	61	2268	>40
OCDE	1190	129	11	9999	20 a 40
Mundo	10878	4841	100	3916	-

Fonte: ONU, 1997.

Em termos de acréscimo total, África e Ásia representam 90% do acréscimo populacional previsto entre 2000 e 2050.

Caso as projeções se confirmem, a situação da África como um todo estará próxima do limite de escassez hídrica de 1000 m<sup>3</sup>/habitante ano. É interessante observar que a média per capita na África é atualmente de 3966 m<sup>3</sup>/hab, valor este muito próximo ao da média mundial de 3916 m<sup>3</sup>/ano, a ser atingida no ano 2050. Esta comparação permite inferir a pressão que será exercida sobre os recursos hídricos naquele continente e também para o mundo em 2050, caso as projeções de crescimento populacional se confirmem. A situação da Ásia também se agravará de forma alarmante, devido ao crescimento populacional previsto.

Nas regiões industrializadas a disponibilidade hídrica per capita não será o fator limitante e sim a escassez hídrica provocada pelas atividades antrópicas, principalmente agrícola e industrial.

Com relação aos recursos energéticos, a ONU (1997) apresenta em seu relatório três cenários para a evolução do consumo de energia no mundo, a saber:

- a) cenário alto - este cenário assume o desenvolvimento convencional, a uma taxa anual média de consumo projetada de 1,6% no período 1990/2050;
- b) cenário médio - parte da suposição que ocorrerão menores taxas de desenvolvimento econômico, e grandes aumentos na intensidade energética. Prevê uma taxa anual média de 1,3% no período 1990/2050;
- c) cenário baixo - considera que ocorrerão baixas emissões de CO<sub>2</sub> devido a melhorias na eficiência energética e grande aumento na participação de combustíveis renováveis.

A tabela 8 apresenta a evolução prevista no consumo, por fonte energética.

**Tabela 8 - Projeções do consumo de energia entre 1990/2050, para cenários alto, médio e baixo (bilhões de TEP).**

Energético/Cenário	ALTO		MÉDIO		BAIXO	
	1990	2050	1990	2050	1990	2050
Carvão	2,1	7,2	2,1	4,1	2,1	1,2
Petróleo	3,2	6,6	3,2	4,0	3,2	1,7
Gás	1,7	4,0	1,7	4,4	1,7	2,9
Nuclear	0,5	1,7	0,5	2,3	0,5	0,5
Renováveis	0,7	1,7	1,7	4,3	0,7	10,0
<b>TOTAL</b>	<b>8,2</b>	<b>21,2</b>	<b>9,2</b>	<b>19,5</b>	<b>8,2</b>	<b>16,3</b>

Ressalta-se a importância dada à evolução dos energéticos renováveis, no cenário baixo e médio, sendo que o cenário baixo supõe que ocorrerá uma drástica redução no consumo de energéticos poluidores como carvão e petróleo, a estagnação da energia nuclear; o aumento do gás e um enorme aumento dos energéticos renováveis.

O ponto que se julga importante destacar é que a evolução esperada para os energéticos renováveis, se baseada em fontes como a biomassa e a hidreletricidade, dependerão fundamentalmente das utilização dos recursos hídricos.

Desse modo, propõe-se estabelecer uma estreita correlação entre o uso futuro dos recursos energéticos e a escassez hídrica, que deverão ser os dois principais fatores interdependentes que restringirão o aumento populacional previsto.

### ***A capacidade de suporte do planeta e a definição de escala físico-territorial***

Os aspectos da demanda de recursos energéticos, de água, e de sua escassez real ou potencial, estão intimamente conectados ao crescimento e distribuição da população, à escala das atividades econômicas e à capacidade de suporte no uso dos recursos naturais.

O crescimento populacional redundará no aumento da produção de alimentos, demandando água, energia e terras férteis para a agricultura, em competição com as cidades.

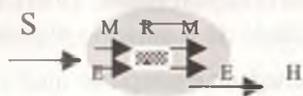
A situação atual de utilização de terras acarretará que perto de 700 milhões de pessoas devem passar fome em 2010 (ONU, 1997); uma vez que, conforme Brown (1995):

*"A competição por terras está aumentando. O desenvolvimento e o crescimento populacional reclamam terra para casas, indústrias e infra-estrutura. Os dados mundiais não estão disponíveis mas com o crescimento econômico na Ásia é estimada uma redução em áreas de cultura em alguns países de 1% por ano".*

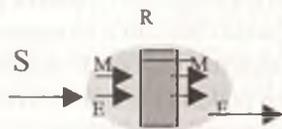
As atividades humanas parecem ter atingido um tal nível que tem levado ao limite a utilização dos recursos energéticos e hídricos, ou haveria a possibilidade de alterar a distribuição espacial e o consumo per capita dos recursos, de modo 'sustentável'?

Enfocando esta questão em termos teóricos, vê-se na fig. 2 a transição de um mundo "vazio" para um mundo "cheio" sendo que o ecossistema onde estão inseridos os recursos naturais se mantém constante em sua escala, tanto com o crescimento das atividades antrópicas como com o aumento populacional, sendo inevitável que com o passar do tempo as atividades antrópicas ou econômicas se tornem muito maior em relação ao ecossistema. Desse modo, a evolução das atividades antrópicas passou de uma era na qual o capital feito pelo homem era o fator limitante do desenvolvimento econômico para uma era na qual o capital natural restante é o fator limitante (Daly, 1996).

**Figura 2 - A economia como um sistema aberto do ecossistema**



*Mundo "vazio"*



*Mundo "cheio"*

S = energia solar    H = calor    M = matéria    E = energia    R = reciclagem

■ capital feito pelo homem

○ capital natural

A escala tem um limite máximo definido tanto pela capacidade regenerativa como pela capacidade de absorção do ecossistema, prevalecendo a que for menor. Entretanto, Daly esclarece que a escala máxima não é igual à escala ótima, sendo que esta última tem dois conceitos:

1. **o ótimo antropocêntrico**, onde a regra é expandir a escala (ou seja, crescer) até o nível em que o benefício marginal para os seres humanos de capital físico manipulado pelo homem se iguale ao custo marginal para os seres humanos em sacrificar o capital natural (em nosso caso os recursos energéticos e hídricos);

2. **o ótimo biocêntrico**, onde outras espécies e seus habitats (que inclui os recursos energéticos e hídricos) são preservados além do ponto necessário para evitar o colapso ecológico ou o declínio cumulativo, e além do ponto de máxima escala, devido ao reconhecimento que outras espécies também tem direito à vida. A escala ótima biocêntrica do nicho humano seria, então, muito menor que o ótimo antropocêntrico.

As definições de desenvolvimento sustentável em geral não especificam qual conceito de escala ótima devemos usar, sendo consistentes com qualquer escala que não esteja acima do máximo. Assim, Daly afirma que:

*"A sustentabilidade é provavelmente a característica da escala ótima sobre a qual há maior consenso. É uma condição necessária, mas não suficiente, para a escala ótima."*

No presente artigo é discutida a questão da sustentabilidade com base no trabalho de Pfaundler publicado em 1902 (op.cit.Allier, 1987), que foi um dos primeiros autores a estudar a capacidade de suporte do planeta.

Para Pfaundler, havia sinais que tinha chegado o tempo no qual a superfície da terra estaria cheia de seres humanos que obteriam seu alimento na disputa entre uns e outros. Naquela época, algumas regiões do mundo (especialmente a Europa) estavam próximas da saturação e a imigração massiva para as Américas estava prestes a acontecer. Portanto, havia chegado o momento de se estudar a capacidade de suporte da terra, ou de algumas regiões do mundo, e estudar em que extensão tal capacidade de suporte poderia crescer através da intensificação das atividades econômicas, principalmente a agricultura.

O interesse de Pfaundler era determinar qual o valor objetivo da 'luta pela vida', ou seja, qual seria o prêmio para o vencedor desta luta.

O número de pessoas que poderiam viver no mundo foi sugerido por Pfaundler para ser estimado por dois métodos:

- a) dividindo a quantidade de materiais disponíveis em cada território pela necessidade média por pessoa, considerando apenas os materiais com suprimento crítico; e somando o valor obtido de cada território obteria-se o número para o planeta;
- b) considerando a terra como um único território, tomando implicitamente custo zero para o transporte de materiais.

Pfaundler não discutiu qual seria a capacidade de suporte se a mobilidade completa de pessoas, não a de materiais, fosse permitida; se considerarmos que entre 20 a 30 anos uma pessoa consumirá alimentos que pesam 100 vezes mais que seu próprio peso; o que sob este enfoque tornaria a questão da imigração bastante plausível do ponto de vista da economia de energéticos.

Com relação à aplicabilidade destes métodos, Allier (pg. 104) comenta que:

*"usando o primeiro método, a capacidade de suporte estimada seria muito pequena, tornando inevitável sobrepular a escassez local com o comércio entre países/territórios. Usando o segundo método, o resultado seria muito mais favorável, uma vez que a adoção de custo zero para o transporte é irrealística e não reflete os custos energéticos envolvidos".*

Allier considera que Pfaundler não encontrou escassez de materiais no mundo, havendo geralmente um excesso; e portanto a luta pela existência não seria direcionada para a procura de materiais necessários para a vida, mas para obter a energia necessária na preparação desses materiais.

Deste ponto de vista estritamente energético, para Pfaundler a capacidade de suporte da terra dependeria basicamente da conversão de energia solar pelas plantas; mas segundo Allier :

*“deixando de lado questões tais como a da escassez de água em vastas regiões da terra e a escassez dos nutrientes disponíveis para as plantas, a não ser aqueles reciclados nos próprios procedimentos agrícolas”*(Allier, pg. 107).

Os cálculos de Pfaundler apontaram que apenas utilizando a energia do sol e trabalho animal e humano, e adotando a necessidade diária de 5000 kcal/pessoa, seria possível sustentar uma densidade populacional de 5 pessoas por hectare agriculturável, considerando apenas as necessidades humanas de alimento. Allier conclui que:

*“Desde que Pfaundler escreveu seu artigo, a população da terra aumentou três vezes, mas as figuras de Pfaundler mostram que a população da terra está bem dentro da capacidade de suporte do planeta, mesmo assumindo uma agricultura que não faria uso de fontes não renováveis de energia. Pfaundler não deu valores altos e irrealísticos para a capacidade de suporte, muito ao contrário”*.

Pretende-se, neste artigo, retomar os cálculos de Pfaundler, porém enfocando-se os impactos sobre os recursos energéticos e hídricos e, abordando-se questões relacionadas à escala de utilização dos recursos pela sociedade.

Os dados apresentados na tab. 9 permitem verificar que realmente Pfaundler estava certo, uma vez que a média mundial atual é de 4,6 habitantes por hectare agrícola, valor muito próximo do calculado por ele de 5 habitantes por hectare.

**Tabela 9 - População atual e área agrícola utilizada nos blocos geo-econômicos.**

Bloco	população (milhões) ano 2000	área total da região (km <sup>2</sup> )	área agrícola utilizada (km <sup>2</sup> )	(%) agric./ total	hab/hectare ano 2000
África	790	30716675	1706900	5,6	4,6
Ásia	3678	34159601	4422600	13,0	8,3
A.Latina	508	17827511	1520200	8,5	3,3
OCDE	1061	59697454	5614900	9,4	1,9
Mundo	6037	142401241	13264600	9,3	4,6

## **Cenários para o desenvolvimento "sustentável"**

Com base no parâmetro de 5 habitantes por hectare agrícola, foi elaborada a tabela 10, considerando-se a área agrícola necessária para atender a população "sustentável", que corresponde a 15% da área total de cada bloco.

**Tabela 10 - População e área agrícola "sustentável" para os blocos geo-econômicos do mundo.**

<b>Bloco</b>	<b>população (milhões) 2050</b>	<b>área total (km<sup>2</sup>)</b>	<b>área agrícola 'sustentável' (km<sup>2</sup>)</b>	<b>população 'sustentável' (milhões)</b>
África	2183	30716675	4607501	2304
Ásia	6566	34159601	5123940	2562
A.Latina	939	17827511	2674127	1337
OCDE	1189	59697454	8954619	4477
Mundo	10878	142401241	21360187	10680

Denominou-se este percentual máximo de utilização de 15% como 'sustentável' uma vez que representaria a utilização de 21.360.187 km<sup>2</sup>, montante que corresponde, aproximadamente, ao total de terras férteis no planeta (Allier, 1987).

Desse modo, todo o potencial de terras férteis disponível estará sendo praticamente utilizado para produzir alimentos para 10,6 bilhões de pessoas (21,36x10e8 x 5 hab/há = 10,6 bilhões de habitantes), valor este também quase igual à população prevista de 10,8 bilhões, que é esperado alcançar seu equilíbrio no ano 2050.

Portanto, o termo "sustentável" deve ser entendido no sentido que existem terras férteis no planeta compatíveis para alimentar uma população de 10,6 bilhões de pessoas, independentemente de outros fatores como a escassez de recursos energéticos e hídricos, as perdas de solos, os níveis de fertilização e irrigação, competição por terras pelas cidades, aspectos econômicos, dentre outros; bem como fatores positivos como o aumento da produtividade devido a inovações tecnológicas e melhoria genética de espécies.

Assume-se nesta forma de abordagem que todas as pessoas no mundo terão acesso à mesma quantidade de alimentos, correspondente à necessidade diária de 5000 kcal/hab.dia, bem como que em cada região seria possível aumentar a área agrícola de forma a atingir o limite de 15%.

As terras férteis não se encontram distribuídas uniformemente pelo planeta, o que levará muitos países a serem obrigados a praticar técnicas de cultivo intensivas para alimentar sua população, ou a importar alimentos de outros blocos geo-econômicos. Na Índia, por exemplo, o índice atual de utilização de terras para a agricultura já é de 56% da área total do país.

Tomando-se as projeções de crescimento populacional, de alocação de terras e de recursos hídricos e energéticos, elaborou-se 2 cenários de “distribuição” populacional considerando-se terras férteis e água disponíveis, bem como o consumo energético previsto no cenário médio.

No cenário 1 é assumido que haverá uma “re-distribuição” da população mundial, que tornaria possível um acesso mais harmônico às áreas de cultivo, com base na utilização equânime de terras para fins agrícola no mundo, de 15% da área total do planeta, denominado “agrícola-sustentável”. Este cenário pressupõe imigração, ou no mínimo que as atividades agrícolas em determinado país seriam responsáveis pela alimentação do número de pessoas estimada, mesmo que estas pessoas não estejam fisicamente naquele local. No caso de não ocorrer imigração, haverá um custo energético associado ao transporte de alimentos que deve ser considerado. A disponibilidade hídrica é então re-calculada para os novos níveis populacionais. Os valores energéticos são calculados adotando que cada bloco manterá sua participação percentual atual no consumo total de 19,5 bilhões de TEP.

A tabela 11 apresenta os dados para o cenário “agrícola-sustentável”.

**Tabela 11 - Recursos disponíveis por bloco geo-econômico para cenário “agrícola-sustentável”**

Bloco	População anc 2050 (milhões)	Pop.Sust. (milhões)	R.H. em 2050 (m3/ano)	R.H. sust. (m3/ano)	cons.energia 2050 (kcal/dia)	cons.energia 'sustentável' (kcal/dia)	Situação rec. naturais 2050 x sustentável
África	2183	2304	1435	1360	6642	6293	igual
A.Latina	939	1337	13510	9488	17575	21688	médio
Ásia	6566	2562	2268	5813	30881	45042	melhora muito
OECD	1189	4477	9990	2653	351587	93374	piora muito
Mundo	10878	10680	3915	3990	53042	54025	igual

No cenário 2 é feito o cálculo da população que deverá ser alocada a cada país tendo como premissa a repartição equânime de água entre as pessoas do mundo. O consumo energético per capita é calculado a partir das mesmas premissas do cenário 1. Este cenário é denominado “água-compartilha-

da". Este cenário também supõe imigração ou que no mínimo as disponibilidades hídricas de determinado país estarão comprometidas com o número de pessoas calculado, mesmo que estas pessoas não estejam fisicamente naquele local. A tabela 12 apresenta os resultados para o cenário 2.

**Tabela 12 - Água distribuída igualmente (cenário "água-compartilhada").**

Região	População ano 2050 (milhões)	Pop.calc./p/ 3990 m3/a (milhões)	R.H. em 2050 (m3/ano)	R.H. p/ 'pop.calc.' (m3/ano)	cons.energ. 2050 (kcal/dia)	cons.energ. 'pop.calc.' (kcal/dia)	Situação rec. naturais 2050x 'sustentável'
África	2183	795	1435	3990	6642	18238	melhora muito
A.Latina	939	3180	13510	3990	30881	9118	piora muito
Ásia	6566	3733	2268	3990	17575	30913	melhora muito
OCDE	1189	2972	9990	3990	351587	140658	piora muito
Mundo	10878	10680	3915	3990	53042	54025	igual

Na tabela 13 é feita a comparação entre os cenários 1 e 2; e na tabela 14 são apresentados os dados obtidos tomando-se a menor população obtida em cada cenário.

**Tabela 13 - Comparação entre cenários 1 e 2.**

Bloco	Cenário 1		Cenário 2		Comparação Cen.2 em rel. Cen. 1
	R.H.	Rec.Energ.	R.H.	Rec.Energ.	
África	1360	6293	3990	18238	melhora muito
América Latina	9488	21688	3990	9118	piora muito
Ásia	5813	45042	3990	30913	piora pouco
OCDE	2653	93374	3990	140658	melhora muito
Mundo	3990	54025	3990	54025	igual

**Tabela 14 - Menor população calculada entre cenários 1 e 2; disponibilidade hídrica e consumo energético per capita**

Região	População Cen.1 ou 2 (milhões)	disponibilidade hídrica per capita	consumo energético per capita
África	795	3990	18238
A.Latina	1337	9488	21688
Ásia	2562	5813	45042
OCDE	2972	3990	140658
Mundo	7666	5559	75266

## **Considerações Finais**

A primeira consideração a fazer é que os cenários elaborados devem ser interpretados como “situações limites” que permitem visualizar o que ocorrerá caso a população se estabilize em 10,8 bilhões, tendo como preocupação básica tanto a alimentação desta população como assegurar acesso a água e energia de forma a atender suas necessidades básicas.

A abordagem escolhida foi a de considerar quais serão os esforços que cada bloco terá que empreender para garantir a sustentabilidade dentro e fora de suas fronteiras. Tal escolha tem a vantagem de estar em sintonia com a dinâmica mundial, de formação de blocos econômicos, que obriga a todos pensarem o mundo como um todo a partir dos interesses geo-políticos de cada bloco.

Assim, para a OCDE os cenários 1 e 2 exercem maior pressão sobre os recursos hídricos e consumo energético. Para a América Latina o cenário 2 exerce maior pressão sobre os recursos naturais hidro-energéticos.

Comparando-se o cenário 2 e 1, verifica-se que a distribuição da água disponível igualmente entre os povos (cenário 2), é “melhor” para a OCDE e África e “pior” para a América Latina e Ásia.

No cenário 2, África e Ásia deveriam praticamente manter a população atual (ano 2000), de 790 e 3678 milhões de habitantes respectivamente. A OCDE passaria a ser responsável por mais 1911 milhões de pessoas, que representa o dobro de sua população atual. Na América Latina o acréscimo deveria ser de 2,6 bilhões.

De fato, se for considerada a situação dos recursos hídricos da África e da Ásia, conforme dados apresentados, nota-se que aqueles países parecem ter atingido ou mesmo suplantado o limite “sustentável” antropocêntrico com o atual número de habitantes.

Os países da OCDE, que já estão acima do nível ótimo antropocêntrico em virtude do alto grau de industrialização e de consumo terão que alterar significativamente seu atual padrão de consumo para estarem em condições de minimizar os efeitos do acréscimo de população previsto, que mesmo não estando em suas fronteiras, pressionarão para uma distribuição mais equânime dos recursos hídricos e energéticos, que são a base de sustentação da vida. Ao analisar historicamente o processo de imigração para os países desenvolvidos, deve-se esperar que enormes barreiras serão estabelecidas para impedir que tal imigração se efetive.

Da América Latina, que ainda está abaixo do ótimo biocêntrico, também se esperarão enormes contribuições, uma vez que é privilegiada em termos de disponibilidade de recursos hídricos.

Caso adote-se a menor população calculada em cada um dos dois cenários, para garantir pelo menos que o ótimo antropocêntrico possa ser sustentado (tab.14), ocorrerá uma diminuição da população mundial prevista para o período de 3,2 bilhões de habitantes, o que levará a uma população de 7,7 bilhões, que corresponde ao valor inferior dos cenários elaborados pela ONU (fig. 1); situação esta muito mais desejável sob o enfoque ambiental e energético.

Os dados apresentados induzem a conclusão de que o ser humano atingirá o limite da capacidade de utilização dos recursos naturais, tanto em relação às atividades agrícolas como em relação à disponibilidade hídrica, caso a população mundial se estabilize em 10.8 bilhões de habitantes.

Enormes pressões serão exercidas no sentido de impor drásticas modificações na distribuição atual dos recursos naturais entre os continentes; mas também poderão surgir enormes vantagens comparativas para países que, como o Brasil, apresentam excelente disponibilidade hídrica.

### **Bibliografia**

- ALLIER, Juan Martinez. *Ecological Economics - Energy, Environment and Society*. Basil Blackwell ed., Oxford, 1987.
- BROWN, Lester R., Hal Kane. *Full House: Reassessing the Earth's Population Carrying Capacity*. Earthscan Publications Ltd., London, 1995.
- DALY, Hermann. *Beyond Growth - The Economics of Sustainable Development*. Beacon Press, Boston, 1996.
- GLEICK, Peter H. *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*, Oxford University Press, New York, 1993.
- PFAUNDLER, L. *Die Weltwirtschaft in Lichte der Physik*. Op. Cit. ALLIER J.M.
- POSTEL, Sandra. *Water and Agriculture* in Water in Crisis, GLEICK P.H. ed.
- POPULATION REFERENCE BUREAU. *La Dinámica entre la población y el medio ambiente*, Washington D.C., outubro, 1997.
- UNITED NATIONS (ONU). *Critical Trends, Global Change and Sustainable Development*. New York, 1993.