

## Fazenda vertical: reduzindo o impacto da agricultura nas funções e serviços do ecossistema<sup>1</sup> by Dickson D. Despommier<sup>2</sup>

**Sumário.** O advento da agricultura levou a um aumento sem precedentes nas populações humanas e de seus animais domesticados. A agricultura catalisou a transformação dos caçadores e coletores em moradores urbanos. Hoje, mais de 800 milhões de hectares são destinados à agricultura, ou a aproximadamente, 38% da superfície continental do planeta. A agricultura modificou a paisagem favorecendo campos cultiváveis e pastos para rebanhos, às custas de ecozonas que foram eliminadas ou reduzidas a unidades fragmentadas e semi-funcionais. Inegavelmente, fontes confiáveis de alimentos permitiram que o mundo civilizado gozasse de um estilo de vida mais saudável; no entanto, a agricultura criou outros perigos à saúde.

Por exemplo, as infecções emergentes, muitas das quais são zoonoses virais (v.g, Ebola, Febre de Lassa), podem infectar o anfitrião humano rapidamente após contato com ambientes naturais (v.g, florestas tropicais) até então intocados. A transmissão de numerosas infecções—gripe, raiva, febre amarela, dengue, malária, tripanossomíases, nematóides, e esquistossomoses—também ocorre persistentemente, com uma regularidade devastadora, nas interfaces entre terras agriculturáveis e zonas tropicais (ou sub-tropicais). A exposição em níveis tóxicos a algumas classes de agroquímicos (pesticidas, fungicidas), bem como o trauma associado com o trabalho no campo, são outros dois exemplos de riscos à saúde associados às práticas agrícolas tradicionais.

Espera-se nos próximos 50 anos que a população global alcance 8.6 bilhões de pessoas no mínimo, exigindo 10<sup>9</sup> hectares adicionais para alimentá-las se basearmos os cálculos na tecnologia disponível atualmente. Entretanto, esta área agriculturável adicional não está disponível. Assim, as estratégias alternativas para se obter uma fonte de alimento abundante e variada sem invadir os poucos ecossistemas funcionais restantes devem ser seriamente contempladas. Se a agricultura tradicional pudesse ser substituída por centros de

produção alimentar urbanos (fazendas verticais), os ecossistemas danificados seriam gradualmente reparados através do abandono sistemático da terra, no longo prazo. Em zonas temperadas e tropicais, o reflorestamento pode desempenhar um papel significativo na assimilação de carbono, contribuindo assim para a reversão das tendências de mudança global do clima. Os benefícios sociais do cultivo vertical incluem a criação de um ambiente urbano sustentável que incentiva a boa saúde para seus habitantes; novas oportunidades de emprego; poucos lotes e edifícios abandonados; ar mais limpo; e uma fonte abundante de água potável e alimentos.

**1. Introdução.** Até 2004, aproximadamente 800 milhões de hectares de terra eram utilizadas para produção de alimento, aproximadamente igual à área do Brasil (1), permitindo um amplo fornecimento de alimento para uma parcela considerável da população mundial. Estas estimativas do uso da terra incluem pastos para o gado, e representam quase 85% de toda a terra capaz de suportar, ao menos, um nível mínimo de atividade agrícola. Além disso, a agricultura produz grãos para alimentação de milhões de cabeças de gado e de outras espécies de animais domesticados de fazenda (2). Em 2003, quase 33 milhões de cabeças de gado foram produzidas somente nos Estados Unidos, (3). Para viabilizar a atividade agrícola em larga escala, milhões de hectares de florestas temperadas e tropicais, pastos, pântanos, estuários, e a pouca extensão dos recifes de corais restantes foram eliminados ou severamente danificados, com perda significativa da biodiversidade e um rompimento difundido de funções do ecossistema.

Sob a perspectiva humana, as vantagens da agricultura são bastante óbvias, mas mesmo com nossos esforços preventivos, danos irreversíveis foram causados à terra. Por exemplo, entre 8.000 e 10.000 anos atrás, os vales férteis do Rio Eufrates e as planícies inundadas do Tigre foram degradadas rapidamente abaixo dos limites mínimos para a produção de alimentos. Estes danos foram causados pela erosão decorrente da agricultura intensiva e pelos projetos de irrigação mal gerenciados que eram frequentemente interrompidos por guerras e por inundações fora de estação (4). Atualmente, além da perda maciça da camada superficial do solo (5,6), as práticas agrícolas primitivas impossibilitam, a longo prazo, a assimilação sustentável de carbono como ocorre em florestas

<sup>1</sup> Tradução do original (em inglês) “Vertical farm: reducing the impact of agriculture on ecosystem functions and services.”

<sup>2</sup> Department of Environmental Health Sciences, Mailman School of Public Health, Columbia University, 60 Haven Ave, rm. 100 New York, New York 10032. ddd1@columbia.edu

(7). Agroquímicos, particularmente fertilizantes, são usados em quase todos os grandes sistemas agrícolas independentemente de sua localização (8), principalmente devido à alta demanda de culturas lucrativas que empobrecem o solo. As monoculturas são extraordinariamente vulneráveis a uma grande variedade de pragas e micróbios devido ao crescimento em grande escala de uma única planta em uma área confinada. Para contra atacar o problema, foram inventados os pesticidas e herbicidas. Seu uso tornou-se rotineiro em muitas situações, particularmente em agricultura empresarial. Os resíduos dos produtos químicos mencionadas acima poluem lençóis freáticos, que freqüentemente portam níveis insalubres de metais pesados. Esta talvez seja a forma mais comum, e

países são exportadores de produtos agrícolas destinados a abastecer os mercados do mundo desenvolvido.

Agricultura é uma ocupação marcada por uma grande variedade de riscos à saúde (14, 15, 16, 17, 18, 19, 20). Numerosos agentes infecciosos (por exemplo, esquistossomoses, malária, geohelminths) tiram vantagem de uma grande variedade de práticas agrícolas tradicionais (irrigação, arado, semeio, colheita), que facilita a transmissão de doenças (**Tabela 1**) (21, 22, 23, 24, 25). Estas doenças impactam a saúde humana e incapacitam grandes populações, removendo-os do fluxo de comércio, comum nos países mais pobres. Outros riscos de saúde aos fazendeiros incluem a exposição aguda aos agrotóxicos (por exemplo, pesticidas e

**Table 1. Doenças infecciosas importantes transmitidas na interface agrícola**

<b>Vírus</b>	<b>Bacteria</b>	<b>Protozoan</b>	<b>Helmintos</b>
Influenza (H5N1 avian flu virus)	<i>Salmonella typhi</i>	<i>Plasmodium falciparum</i> <i>Plasmodium malariae</i> <i>Plasmodium ovale</i> <i>Plasmodium vivax</i>	<i>Wuchereria bancrofti</i> <i>Brugia malayi</i> <i>Brugia timori</i>
West Nile virus	<i>Shigella flexneri</i>	<i>Leishmania donovani</i> <i>Leishmania tropica</i> <i>Leishmania mexicana</i>	<i>Onchocerca volvulus</i>
Nipha virus	<i>Campylobacter pylori</i>	<i>Cryptosporidium parvum</i>	<i>Schistosoma japonicum</i> <i>Schistosoma mansoni</i> <i>Schistosoma haematobium</i>
Rabies	<i>Escherichia coli</i> 0157  <i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Cyclospora caetanensis</i>  <i>Entameba histolytica</i> <i>Giardia lamblia</i> <i>Trypanosoma cruzi</i> <i>Trypanosoma brucei rhodesiense</i> <i>Trypanosoma brucei gambiense</i>	<i>Ancylostoma duodenale</i> <i>Necator americanus</i>

e mais destrutiva de poluição da água, degradando ambientes aquático perto de residências humanas (9, 10).

Muitas das mais impactadas regiões da terra (isto é, aquelas com as densidades de população mais elevadas) são geralmente conhecidas como insalubres (excluindo-se Europa Ocidental e América do Norte), com índices de morbidade/mortalidade infantil muitas vezes maiores que aqueles encontrados na Europa Ocidental e América do Norte (11). Estes são os mesmos lugares onde muitas infecções emergentes e re-emergentes são encontradas (12). Muitas delas são zoonóticas cujos ciclos de vida normalmente não incluiriam seres humanos a não ser a necessidade de expandir a agricultura na paisagem natural (13). Entretanto, há atualmente uma grande variedade e quantidade de produtos agrícolas disponíveis, para aqueles com poder aquisitivo adequado. Ironicamente, milhões de pessoas vivendo predominantemente nos trópicos e sub-trópicos são severamente malnutridos pois seus

fungicidas) (26), às mordidas de animais nocivos (27), e ferimentos de trauma (28, 29). As últimas duas categorias de risco são particularmente comuns entre os fazendeiros de subsistência que queimam e cortam florestas. É razoável esperar que na medida em que a população humana continue a crescer, os problemas também sigam o mesmo rumo.

O consenso entre os demógrafos a respeito das estimativas da taxa em que a população humana global aumentará é difícil de ser alcançado, mas a maioria concorda que nos próximos 50 anos, o número alcançará 9.2 bilhões, no mínimo (30). Existe também o consenso entre alguns dos mais renomados agrônomos do mundo, que serão necessários 10<sup>9</sup> hectares de terras adicionais (aproximadamente o tamanho do Brasil) para se produzir, por métodos convencionais, alimento suficiente para atender a esta demanda (31). É sabido que não há essencialmente nenhuma terra disponível com a qualidade necessária para esta finalidade; parece óbvio que uma crise de grandes

proporções globais esteja muito próxima de ser deflagrada. Os recursos limitados (alimento, água, e abrigo) são algumas das causas principais para a agitação e guerras civis no mundo.

A agricultura vertical se praticada em grande escala nos centros urbanos potencialmente: 1. forneceria alimento suficiente, de maneira sustentável, para alimentar confortavelmente toda a humanidade num futuro próximo; 2. permitiria que grandes áreas revertissem à paisagem natural restaurando as funções e serviços do ecossistema; 3. reciclaria com segurança e eficiência a parcela orgânica do lixo humano e agrícola produzindo energia através da geração de metano, e ao mesmo tempo reduzindo significativamente populações de pequenos animais e insetos nocivos à saúde (por exemplo, ratos, baratas); 4. proveria uma nova e necessária estratégia para conservação da água potável; 5. aproveitaria espaços urbanos abandonados e não utilizados; 6. diminuiria a transmissão de doença associados com coliformes fecais; 7. permitiria a produção anual de alimentos sem perda dos rendimentos devido à mudança do clima ou eventos climáticos; 8. eliminaria a necessidade de uso, em grande escala, de pesticidas e herbicidas; 9. geraria uma nova parceria com indústrias agroquímicas (i.e, projetando e produzindo dietas quimicamente seguras e definidas para uma grande variedade de espécies comercialmente viáveis de plantas); 10. proporcionaria uma vida urbana sustentável e saudável para todos aqueles que escolhem viver nas cidades. Tudo isso pode soar demasiado bom para ser verdadeiro, mas a análise cuidadosa mostrará que estes objetivos são reais e viáveis devido ao pleno desenvolvimento de algumas novas tecnologias.

Altos edifícios de produção de alimento funcionariam somente se imitassem o processo ecológico, reciclando segura e eficientemente todo o material orgânico, bem como tratando a água usada nas culturas e transformando-as em água potável. Porém um forte suporte governamental com incentivos ao setor privado, às universidades, e governos locais será necessária para o desenvolvimento do conceito. Idealmente, as fazendas verticais devem ser: a. de construção barata; b. operação duradoura e segura; c. independente de subsídios econômicos e de ajuda externa (i.e., obtenha lucro ao fim do dia). Se estas condições podem ser atendidas através de um programa de pesquisa detalhado, a agricultura urbana poderia fornecer uma fonte de alimento

abundante e variada para 60% dos povos que estarão vivendo dentro das cidades no ano 2030 (32). A migração é causada pelo plight do fazendeiro. "Muda-se para a cidade por várias razões, mas a mais significativa é econômica—quando a economia de uma cidade é próspera ela atrai pessoas da zona rural. A promessa de trabalho e conforto, glamour e futilidade, incentivam a mudança para cidades. Há também uns fatores de "impulso": as secas ou a exploração dos fazendeiros podem causar a pobreza rural extrema e conseqüentemente “empurrando” os povos fora para fora da zona rural”(33, 34).

**2. O que significa agricultura vertical?** A agricultura “indoor” não é um conceito novo, já que o uso de estufas na agricultura é conhecida há algum tempo. Numerosas colheitas comercialmente viáveis (por exemplo, morangos, tomates, pimentas, pepinos, ervas, e temperos) saem de estufas e abastecem supermercados do mundo em quantidades que vêm crescendo nos últimos 15 anos. A maioria destas operações são pequenas quando comparadas à agricultura comercial, mas em contrapartida, estas estufas podem produzir colheitas anuais. Japão, Escandinávia, Nova Zelândia, Estados Unidos, e Canadá têm indústrias de estufa prosperas. Até onde é sabido, nenhum alto edifício foi construído para esse fim. Outros alimentos cultivados “indoor” para fins comerciais incluem peixes de água doce (por exemplo, tilápia, truta), e uma larga variedade de crustáceos e moluscos (por exemplo, camarões, lagostas, mexilhões).

A concepção da agricultura vertical proposta neste trabalho difere radicalmente do que vêm sendo praticado e deve ultrapassar o conceito de agricultura “indoor”, pois uma grande variedade de alimentos poderá ser colhida em quantidades suficientes para sustentar a maior das cidades utilizando recursos próprios. O gado, os cavalos, os carneiros, as cabras, e outros animais de grandes fazendas parecem estar fora do paradigma da agricultura urbana. Entretanto, uma grande variedade de frangos e porcos estão dentro da capacidade da agricultura “indoor”. Estimou-se que a necessidade de espaço “indoor” intensamente cultivado necessário para alimentar uma única vida em um ambiente extra terrestre seria de aproximadamente 27,87 metros quadrados (por exemplo, em uma estação de espaço ou em uma colônia na lua ou Marte)(35). Baseado nestes cálculos, uma fazenda vertical, com uma base

equivalente a um quarteirão, de 30 andares (aproximadamente 287909,1 mil metros quadrados) poderia fornecer alimentos (2.000 calorias/dia/pessoa) para atender confortavelmente as necessidades de 10.000 pessoas empregando as tecnologias atualmente disponíveis. A construção da fazenda vertical ideal com um maior rendimento por metro quadrado requererá pesquisa adicional em muitas áreas —hidrobiologia, engenharia, microbiologia industrial, genética animal e botânica, arquitetura, saúde pública, gerenciamento de lixo, física, e planejamento urbano. A fazenda vertical é uma construção teórica cujo tempo de implementação já chegou, pois uma falha no abastecimento de produtos agrícolas numa escala global certamente exacerbará a corrida, num futuro próximo, a uma quantidade limitada de recursos naturais restantes em um planeta que já está pressionado, criando um clima social intolerável.

**3. Produção o ano todo em um ambiente protegido e controlado.** As principais vantagens da agricultura vertical estão resumidas na **Tabela 2**. Atualmente, a maximização da colheita da produção baseia-se em um ciclo anual do crescimento completamente dependente de fatores externos—clima e condições de tempo locais. Apesar dos avanços recentes nas previsões climáticas através de uma rede extensiva de estações de tempo na terra e

**Tabela 2. Vantagens da agricultura vertical**

- 1. produção durante o ano inteiro.*
- 2. eliminação da contaminação do solo por fertilizantes, pesticidas, fungicidas.*
- 3. redução significativa do uso de combustíveis fósseis (máquinas de fazenda e transporte das colheitas).*
- 4. utilização de propriedades abandonadas ou sem uso.*
- 5. independência de condições climáticas capazes de sabotar o plantio ou a colheita.*
- 6. possibilidade de sustentabilidade aos centros urbanos.*
- 7. tratamento de esgoto (incluindo águas provenientes de banhos, lavadoras de prato e roupas, etc) em água potável.*
- 8. melhor aproveitamento energético com a geração de metano.*
- 9. geração de emprego urbano.*
- 10. redução no risco de infecções causadas por organismos e ou transmitidas por vetores que vivem na interface agrícola.*
- 11. restauração das funções e serviços do ecossistema nas terras cultiváveis da zona rural.*
- 12. melhor controle entomológico através do gerenciamento adequado do lixo*

sensores remotos em órbita (36), a agricultura bidimensional continua sendo uma maneira precária de subsistência. Desvios significantes (por exemplo, seca ou inundação), por mais de algumas semanas, nas condições necessárias para assegurar bons rendimentos têm efeitos previsíveis (negativos) nas vidas de milhões de pessoas dependentes destas lavouras (37, 38). Mudanças climáticas (39) certamente complicarão ainda mais a previsão do rendimento de colheitas (40, 41).

Outros elementos também conspiram para a diminuição dos rendimentos das colheitas. Ainda que práticas modernas de agricultura aumentem a produção, inevitavelmente uma porção desta apodrece nos campos antes da colheita, ou nos grandes armazéns do mundo. Todos os anos, dependendo da localização geográfica e da intensidade do El Niño, as colheitas sofrem devido à estiagem e seca, ou são perdidas devido a severas inundações, chuvas de granizo, tornados, terremotos, furacões, ciclones, fogo, e a outros eventos destrutivos da natureza. Muitos destes fenômenos são de difícil previsão, e o pior, são impossíveis de serem gerenciados. Na região sub-Saara Africana, os gafanhotos representam uma ameaça sempre presente (42), e podem devastar vastas áreas agrícolas em poucos dias. Mesmo após uma abundante colheita, os problemas associados com o processamento e armazenamento diminuem a tonelagem real disponível ao consumidor. Uma grande parcela da colheita, independente do tipo de planta ou grão, apodrece ou é consumida por várias formas de vida oportunista (i.e., fungos, bactérias, insetos, roedores) após o armazenamento. Apesar de admitido atualmente que a abundância da agricultura rentável é mais que suficiente para atender as necessidades nutricionais da população, a distribuição aos mercados é governada pelos interesses econômicos e não pelas necessidades biológicas. Assim, os povos mais pobres—aproximadamente 1.1 bilhões—são forçados a viver em constante estado de miséria (43), sujeitas a milhões de mortes anuais que poderiam ter sido evitadas (44). Construir fazendas verticais perto destes "pontos" aliviaria este problema.

A promessa da agricultura vertical (i.e., agricultura em três dimensões) é eliminação das interferências naturais externas, já que as culturas crescerão “indoor” em condições cuidadosamente selecionadas e bem-monitoradas, assegurando uma ótima taxa de crescimento para cada espécie de planta e animal durante o ano. Estima-se que um acre de fazenda vertical seja equivalente entre dez e

vinte acres de agricultura tradicional, dependendo das espécies sendo consideradas. Cultivar o alimento perto de casa, diminuirá consideravelmente a quantidade de combustível fóssil necessária para a distribuição ao consumidor, e eliminará definitivamente a necessidade de combustível fóssil durante o cultivo (i.e., arando, aplicando o fertilizante, semeando, removendo ervas daninhas, colhendo).

#### **4. Restauração do ecossistema sem custo: provando o princípio da “negligência benigna.”**

A melhor razão para considerar a conversão da maioria da produção de alimento à agricultura vertical é a promessa da restauração das funções e serviços do ecossistema (45). Há uma boa razão para acreditar que uma recuperação quase total de muitos dos ecossistemas terrestres em perigo no mundo ocorrerá simplesmente através do abandono de áreas violadas assim permitindo que ela própria "se cure" (46). Esta linha de opinião proveniente de numerosas observações casuais do atual estado biológico de alguns territórios que foram severamente danificados por civilizações já extintas (e.g., pelos excessos da prática agricultura) e de dados derivados da Fundação Nacional da Ciência—patrocinados por programas de pesquisa ecológica a longo prazo (LTER), iniciados em 1980, em uma grande variedade de ecossistemas fragmentados e propositalmente desprezados por um período prolongado após a invasão (47). Os seguintes casos ilustrarão estes pontos.

O devastamento de vastas áreas de floresta tropical na Mesoamérica ocorreu há vários milhares de anos (48). Estima-se que havia em torno de 50 milhões de habitantes vivendo nesta região, sendo aproximadamente 17 milhões no México quando os conquistadores chegaram no século XVI. O reflorestamento das regiões desertas que outrora foram habitadas por civilizações pré-colombianas (por exemplo, Maias) começou durante o empreendimento colonial espanhol e continuou depois de seu término. As regiões que permaneceram povoadas continuaram a sofrer as conseqüências ecológicas do desmatamento (ibid). Entretanto, o reflorestamento de áreas abandonadas da América Central estava tão avançado que por volta de 1950 as cidades e monumentos mais antigos entre Panamá e sul do México estavam cobertos por florestas. Hoje, as expedições arqueológicas rotineiramente descobrem estabelecimentos e restos dos povos que lá viveram mas essas são vitórias duramente conquistadas,

acompanhadas de muitas dificuldades mediante densas florestas que protegem estes tesouros do passado do olho nu. Novas descobertas são freqüentemente feitas com a sofisticada ajuda da tecnologia de sensores remotos (49).

Ao longo do limite norte da selva brasileira vivem os índios Yanomami. Estes povos nunca foram colonizados pelos europeus. Deixados a evoluir por si próprios sem interferência externa, estas tribos formaram uma rede de tribos levemente conectadas cuja sobrevivência depende de métodos agrícolas de deslocamento que não causam danos permanentes ao ambiente (50). Seus métodos agrícolas não incluem o fogo como um mecanismo de limpeza da floresta. Ao contrário, os Yanomamis cortavam as árvores criando grandes clareiras. Então queimavam as árvores para obter minerais suficientes para fertilizar a zona limpa. Cultivavam os solos pobres em nutrientes por diversos anos—batatas doces, bananas da terra, cana de açúcar, e tabaco—e depois se mudavam. Quando os Yanomami retornaram ao mesmo local alguns anos mais tarde, a área retornara a seu estado anterior. Assim, os Yanomami conseguiram um raro equilíbrio com a terra em que as culturas são produzidas e a floresta é restaurada por um ciclo natural que favorece a sobrevivência de ambas as formas de vida. Muitas outras culturas vivendo perto da terra não foram tão afortunadas como os Yanomami (que conceberam e implementaram relacionamentos sustentáveis com seus arredores) e foram extintos (51).

As grandes planícies centrais dos Estados Unidos (partes de Kansas, Colorado, Oklahoma e Texas), que anteriormente formavam pastos e campinas, foram reduzidas à aridez pelas secas e tempestades de poeira decorrentes das práticas agrícolas. Isto representa um dos melhores exemplos documentados de como a agricultura tradicional pode ser inadequada. O destino destas planícies agravou-se com uma seca de 100 anos que afetou quase 2/3 do país, e resultou no colapso aparentemente irreversível de um grupo diverso das plantas e dos animais adaptados a esse ambiente semi-árido. Entre 1889-1895, um total de 6 “corridas” de terra foram patrocinadas pelo governo, pela insistência dos "Boomers", para iniciar a ocupação dos territórios de Oklahoma. Esta corrida atraiu milhares de imigrantes esperançosos do leste dos Estados Unidos e da Europa. Nos 20 anos seguintes, as chuvas estavam acima da média e a agricultura floresceu. Entretanto, entre 20 e 30 anos mais tarde uma das piores secas registradas na

história abalou essa região. O resultado foi uma erosão sistemática de milhões de toneladas de solo superficial (52). A situação se intensificou de 1932-1938 com resultados cada vez mais devastadores (53). Durante esse curto espaço de tempo, toda a agricultura cessou e as milhares de famílias abandonaram a terra e se dirigiram ao oeste, em sua maioria para a Califórnia, na busca de uma vida melhor (leia “Grapes of Wrath” de John Steinbeck). Lições aprendidas, ninguém retornou à região devastada por uns 15 anos. Durante este período, as chuvas retornaram e a vida selvagem que outrora havia desaparecido, repovoou a região. A grama alta e curta reconstruiu o solo o bastante para atrair de volta a raposa do campo, antilope, cão selvagem, e uma grande variedade de pássaros endêmicos e de outras plantas de sustentação, recuperando nichos e restaurando a região. As sementes das plantas nativas dormentes finalmente germinaram e prosperaram depois que a competição com espécies agrícolas destinadas a colheitas lucrativas cessou. Depois da Segunda Guerra Mundial, a área mais uma vez sofreu uma perda ecológica decorrente dos impactos da agricultura. Desta vez a agricultura contou com um lençol freático bombeado (aquífero de Ogallala) para irrigar o trigo que necessitava água adicional para obter rendimento máximo (54). Entretanto, esta iniciativa, aparentemente também falhará em breve pela mesma razão que as culturas agrícolas anteriores falharam nas grandes planícies—pela falta de uma fonte segura de água. Neste caso, muitos lençóis de água já foram usados (55, 56), abaixando o nível de água e tendo por resultado um enigma econômico, onde o preço do óleo, um ingrediente necessário para abastecer o bombeamento de água de profundidades maiores que no presente (abastecido atualmente pelas bombas de gás naturais mais baratas), não serão efetivas se comparadas ao preço de mercado do trigo (57). É antecipado que quando uma geração de fazendeiros abandonar a terra, as pradarias voltarão a dominar a paisagem.

A zona desmilitarizada entre as Coreias do Norte e Sul representa uma pequena faixa de terra, algo como 1.528 km<sup>2</sup> fora dos limites da população desde o fim da guerra da Coreia em 1953 (58). Comunidades agrícolas outrora abundantes desapareceram daquela área. O resultado do abandono foi surpreendente, favorecendo a recuperação ecológica (59). Durante os anos de intervenção, as populações remanescentes de animais selvagens (e.g, o urso preto asiático e

almiscareiro) transformaram-se em populações robustas nessa faixa estreita. Um exemplo inesperado (e não desejado) da "prova do conceito", vivax malária retornou também à zona desmilitarizada na Coreia do Sul devido a inabilidade desse país em expandir programas de controle entomológico na região (60).

As observações acima dão esperança para uma recuperação quase completa da terra abandonada. Mas isto é um projeto de pesquisa ecológica de longo prazo (61, 62) (veja também: [www.lternet.edu](http://www.lternet.edu)) que foi apresentado à comunidade científica com dados confiáveis, permitindo uma grande medida de introspecção no processo de recuperação de terras devastadas. Vinte e sete países estão atualmente engajados em alguma forma de pesquisa ecológica a longo prazo, enquanto que 19 projetos de LTER são conduzidos dentro dos Estados Unidos. Um dos estudos mais intensivos é o Hubbard Brook no norte de New Hampshire (63, 64, 65, 66). A área é um mistura de bacia fluvial e floresta boreal que foi cultivada ao menos três vezes nos tempos modernos (1700-1967). Hubbard Brook LTER lista seus objetivos de pesquisa como: produção e estrutura da vegetação; dinâmica dos detritos em ecossistemas terrestres e aquáticos; ligações atmosférico-terrestre-aquático do ecossistema; dinâmica das populações heterotróficas; efeitos de atividades humanas nos ecossistemas. **ORIGINALLY UNDER THE DIRECTORSHIP OF GENE LIKENS, A PORTION OF WATERSHED WAS CUT AND THE WOOD LEFT IN PLACE** (66). A qualidade da água drenada dos afluentes na parcela alterada da região no Hubbard Brook vêm sendo monitorada. O estudo revelou um notável poder de recuperação da bacia hidrográfica. Levou somente três anos para a qualidade da água drenada da área danificada retornar a seu estado original (66). Isto aconteceu em sua maior parte devido às sementes das espécies das plantas pioneiras e intolerantes à sombra, que ficam em estado de dormência até que expostas à luz solar direta. O crescimento foi rápido, e serviu como um elemento provisório de conservação de solo até que as árvores (tolerantes à sombra) cresceram e substituíram a vegetação inicial. Ecologistas de diversas instituições colaboradoras retornam à Bacia hidrográfica de Hubbard Brook todos os verões para monitorar uma larga variedade de processos ecológicos (para uma lista completa veja: <http://www.hubbardbrook.org/research/pubs/hbbibentire.htm>). Outros sites do LTER nos Estados Unidos estudam campos, estuários, floresta alpina,

terras alagadas, deserto semi-árido, lagos, rios, e savanas leptorrínicas. Todos estes exemplos contam uma história similar no que diz respeito à habilidade da paisagem natural de retornar a um estado funcional quando permitido re-estabelecer os relacionamentos ecológicos que promovem o fluxo ininterrupto da energia de um nível trófico ao seguinte. Estes dados dão credibilidade à hipótese que se a agricultura vertical pudesse substituir a maioria da produção tradicional do alimento do mundo, então serviços do ecossistema que reforçam um estilo de vida saudável (por exemplo, água limpa, ar limpo) seriam restaurados.

### **5. O gerenciamento do lixo e a sustentabilidade urbana.**

Hoje, nós enfrentamos o desafio de compreender o processo do equilíbrio ecológico suficientemente bem para incorporá-lo em nossas vidas diárias (isto é, sem causar dano algum). Nossa vontade de tentar resolver os problemas que nós mesmos criamos é uma medida de nossa abnegação e comportamento altruísta como ser humano. Assim, a segunda razão mais importante a ser considerada em aderir à agricultura vertical relaciona-se ao gerenciamento do lixo (67), e particularmente aquela porção proveniente dos centros urbanos (68; veja também: <http://www.usmayors.org/uscm/mwma/>). O gerenciamento do lixo em todo o mundo, independentemente do local, é em geral inaceitável do ponto de vista social e da saúde pública, pois a exposição a contaminantes carrega frequentemente com sérios riscos à saúde (69, 70, 71). Entretanto, mesmo no melhor dos casos, a maior parte do lixo sólido coletado é simplesmente comprimido e enterrado ou em alguns exemplos, incinerado para gerar a energia (72). Os lixos líquidos são processados (digeridos, e seqüencialmente suspensos) e tratados com agentes bactericidas (por exemplo, cloro) antes de serem liberados no corpo de água mais próximo e conveniente (73). Mais frequentemente em países menos desenvolvidos, o lixo líquido é descartado sem tratamento, aumentando extremamente os riscos de saúde associados com a transmissão de doença infecciosas de origem fecal (74).

Todo o lixo sólido pode ser reciclado (latas descartáveis, frascos, caixas de papelão, etc.) e/ou empregados na geração de energia através de esquemas tecnológicos que estão atualmente em uso (72). A principal fonte de lixo orgânico vem dos restaurantes (75). A geração do metano deste único recurso podia contribuir significativamente à

geração da energia, e poderia gerar energia suficiente para manter agriculturas verticais sem o uso de eletricidade da rede elétrica. Por exemplo, em Nova York há mais de 21.000 estabelecimentos de serviço alimentar que produzem quantidades significativas de lixo orgânico e pagam para que este seja removido. Frequentemente o lixo permanece exposto ao dia por horas antes da coleta. Isto permite aos insetos e outros animais (baratas, ratos, camundongos) o privilégio de jantar fora em alguns dos restaurantes mais finos do hemisfério ocidental; ainda que seja de “segunda mão” (76). A agricultura vertical poderia propiciar uma situação na qual os restaurantes seriam pagos (de acordo com o índice calórico?) por este valioso produto, permitindo uma renda maior para uma indústria cuja margem de lucro é notavelmente pequena (de 2-5%) (77). Em Nova York, uma média de 80-90 restaurantes fecham a cada ano, na grande maioria precipitada pelas inspeções conduzidas pelo Departamento de Saúde de Nova York. A descoberta mais comum entre os inspetores nestas situações é a presença de baratas bem como de excreções de rato e camundongos, e as circunstâncias anti-higiênicas que incentivam seus estilos de vida.

A água contendo agroquímicos contamina vastas quantidades da superfície e de lençóis freáticos (78, 79, 80, 81, 82). A agricultura vertical oferece uma possibilidade de redução desta fonte de poluição dos lençóis. Além disso, gerará o metano derivado do lixo municipal que atualmente vêm sendo dirigidos para estações de tratamento de água. O conceito de sustentabilidade será concretizado através da comercialização do lixo orgânico como um produto indispensável à operacionalização da fazenda; pois inutilização de qualquer “resto” seria sinônimo de desperdício. Sistemas naturais funcionam numa forma sustentável reciclando todos os elementos essenciais necessários para produzir a próxima geração de vida (83). Esta estratégia está sendo incorporada por engenheiros da NASA em todos os programas futuros voltados para a colonização do espaço. Se tivermos que viver em sistemas fechados fora da superfície da terra (84), então o conceito do lixo transforma-se em um paradigma antiquado. Infelizmente, este objetivo ainda não foi concretizado pela NASA (84) ou pelo Projeto Biosfera (85, 86). Se tivermos que viver em um ambiente extraterrestre equilibrado, deveremos de algum modo aprender como fazê-lo aqui na terra.

Lama proveniente de estações de tratamento

de água localizadas em muitas cidades dos Estados Unidos, e tratada com um processo patenteado e batizado de estabilização alcalina avançada com subsequente seca acelerada, tornou-se um adubo de classe elevada e vendido como tal à comunidade agrícola pela N-Viro Corporation, Toledo, Ohio. O fator limitante do uso da lama municipal para agricultura parece ser a contaminação por metais pesados, principalmente cobre, mercúrio, zinco, arsênico e cromo (87). As fazendas verticais serão projetadas para aproveitar a água do esgoto (incluindo a água proveniente de banhos, lavadoras de roupas e louças, etc) conforme a disponibilidade para torná-la o mais parecida à água potável usando a bioremediação (88) e outras tecnologias a serem aperfeiçoadas no futuro. O rápido crescimento de plantas não comestíveis (e.g., *Spartina spp.*), conhecidas como máquinas vivas (89, 90), serão usadas para ajudar no tratamento da água contaminada. Serão colhidos periodicamente para a geração de metano usando métodos compostos (91), produzindo energia para ajudar no funcionamento das instalações. Os restos da combustão do metano—CO<sub>2</sub>, calor e água— podem ser adicionados de volta à atmosfera da fazenda vertical para ajudar a promover o crescimento de plantas comestíveis. Enfim, qualquer fonte de água que emerge da fazenda vertical deve ser potável, assim, reciclando-a completamente de volta para a comunidade que a forneceu. Um sistema poderia ser projetado para ajudar na condensação e aproveitamento da umidade liberada pelas plantas. Contudo, uma nova e diversa tecnologia será necessária antes que a adubação com matéria de esgoto possa ser manejada como rotina, de maneira segura, e dentro dos limites da fazenda. Lições aprendidas com a indústria de instalações de usinas nucleares podem auxiliar este projeto.

## **6. Benefícios Sociais da Agricultura Vertical.**

Eliminar uma porcentagem significativa de terra dedicada à agricultura tradicional tem vantagens óbvias para saúde se considerada a restauração dos serviços do ecossistema, e para a melhoria imediata da biodiversidade. Os benefícios sociais da agricultura urbana prometem recompensas alcançáveis. Entretanto, a fazenda vertical ainda é uma construção teórica; portanto é difícil prever todos os benefícios potenciais que podem surgir com este método de produção de alimentos. O primeiro benefício é o estabelecimento da sustentabilidade como ética para o comportamento humano (92). Atualmente, não há nenhum exemplo

de uma comunidade urbana totalmente sustentável em qualquer parte do mundo. O desenvolvimento deste conceito ecológico permaneceu identificado unicamente com o mundo natural, e especificamente em referência ao funcionamento dos ecossistemas. Os estudos e as observações ecológicas, começando com aquelas de Teal (93), mostram como a vida se comporta perante a partilha de recursos energéticos limitados (94). Conjuntos de plantas e animais fortemente vinculados evoluem em relacionamentos tróficos que permitem o fluxo de energia de um nível ao seguinte, não obstante o tipo de ecossistema em questão (95). Realmente, esta é a característica definida de todos os ecossistemas. Contrariamente, os seres humanos, embora participantes de todos os ecossistemas terrestres, não incorporaram este mesmo comportamento em suas próprias vidas. Se a agricultura vertical tiver êxito, estabelecer-se-á a validade da sustentabilidade, independente da localização (urbana versus rural). As fazendas verticais poderiam transformar-se em centros de aprendizagem importantes para gerações de moradores urbanos, demonstrando nossa íntima conexão ao resto do mundo através da imitação de ciclos naturais. Além disso, a eliminação de grandes quantidades, atualmente não gerenciáveis, de lixo melhorará a atratividade do ambiente urbano e ajudará a corrigir o desequilíbrio na utilização da energia através da reciclagem do lixo orgânico (digestão do metano). Rene Dubos escreveu em *So Human an Animal* (96) que os povos tendem a apoiar as instituições onde cresceram, não obstante se vão ou não promover um ambiente adequado para se viver. Dubos advogou que todos os seres humanos merecem viver em lugares que incentivem vidas saudáveis, úteis, mas isso requererá a reconstrução maciça da paisagem urbana. Transformar cidades em entidades que nutram os melhores aspectos da experiência humana são o objetivo de todos os planejadores de cidades, e a agricultura vertical servindo como modelo, pode eventualmente transformar-se em realidade.

Suprir todas as populações urbanas com uma colheita variada e abundante, moldada à cozinha local elimina a competição por alimento e a água entre populações. A fome transformar-se-ia em algo do passado, e a saúde de milhões de pessoas melhoraria dramaticamente, principalmente devido à nutrição apropriada e a ausência de infecções parasitológicas adquiridas anteriormente na relação agrícola. Dado o esforço para se chegar a uma solução e da introspecção política e social, este

conceito tem o potencial de realizar o que foi visto no passado como o inatingível e altamente impraticável.

Mais ainda, antecipa-se que a agricultura urbana em grande escala será mais trabalhosa que a praticada atualmente na fazenda tradicional, pois o uso de máquinas na fazenda não será uma opção. Conseqüentemente, as oportunidades de emprego tornar-se-ão abundantes em muitos níveis. Finalmente, a fazenda vertical devesse constituir ser uma beleza arquitetônica altamente funcional, trazendo um sentido de orgulho à vizinhança em que forem construídas. Realmente, o objetivo da construção da fazenda vertical é fazê-las tão desejáveis em todos os aspectos que cada vizinhança almejará possuir uma.

## Referências

1. Food and Agriculture Organization, World Health Organization. 2004 statistics on crop production (available online).
2. Ibid
3. United States Department of Agriculture. 2003 report on cattle production (available online).
4. Hillel D. Out of the earth. Civilization and the life of the soil. University of California Press. Berekely, CA. 1991. P. 321.
5. Jelle Bruinsma, ed., Appendix of World Agriculture: Towards 2015/ 2030, UNFAO (2003) Earthscan Publications, London. P. 432.
6. Earth Policy Institute, "Deserts Advancing, Civilization Retreating", Earth Policy Institute, 3/03.
7. Williams M. Deforesting the Earth. The University of Chicago Press. Chicago and London. 2003. P. 689.
8. IFA Agriculture Committee. Summary Report. Global Agricultural Situation and Fertilizer Consumption in The Vertical Farm Essay [http://www.verticalfarm.com/essay\\_print.htm](http://www.verticalfarm.com/essay_print.htm) of 12 5/5/06 3:22 PM 2000 and 2001. June 2001. (available online)
9. National Resources Inventory. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.
10. Measures of environmental performance and ecosystem condition. (Schulze P, ed. National Academy of Engineering). 1999. National Academy Press. Washington, D.C.; P. 303.
11. Zupan J. 2003. Perinatal mortality and morbidity in developing countries. A global view. *Med Trop* 63:366-8.
12. Wang MJ, Moran GJ. 2004. Update on emerging infections: News from the centers for disease control and prevention. *Ann Emerg Med*. 43:660-2.
113. Molyneux DH. 2003. Common themes in changing vector-borne disease scenarios. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 97:129-32.
14. Stromquist AM, Burmeister LF, et al. 2003. Characterization of agricultural tasks performed by youth in the Keokuk County Rural Health Study. *Appl Occup Environ Hyg*. 18:418-29.
15. Park H, Reynolds SJ, et al. 2003. Risk factors for agricultural injury: a case-control analysis of Iowa farmers in the Agricultural Health Study. *J Agric Saf Health*. 9: 5-18.
16. Radon K, Monoso E, et al. 2002. Prevalence and risk factors for airway diseases in farmers--summary of results of the European Farmers' Project. *Ann Agric Environ Med*. 9:207-13.
17. Walker-Bone K, Palmer KT. 2002. Musculoskeletal disorders in farmers and farm workers. *Occup Med*. 52:441-50.
18. Sprince NL, Park H, et al. 2002. Risk factors for machinery-related injury among Iowa farmers: a case-control study nested in the Agricultural Health Study. *Int J Occup Environ Health*. 8:332-8.
19. Coble J, Hoppin JA, et al. 2002. Prevalence of exposure to solvents, metals, grain dust, and other hazards among farmers in the Agricultural Health Study. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. 12:418-26.
20. Merchant JA, Stromquist AM, et al. 2002. Chronic disease and injury in an agricultural county: The Keokuk County Rural Health Cohort Study. *J Rural Health*. 18:521-35
21. Zaki A, Bassili A, et al. 2003. Morbidity of schistosomiasis mansoni in rural Alexandria, Egypt. *J Egypt Soc Parasitol*. 33:695-710
22. Needham C, Kim HT, et al. 1998. Epidemiology of soil-transmitted nematode infections in Ha Nam Province, Vietnam. *Trop Med Int Health*. 3:904-12.
23. Fashuyi SA. 1992. The pattern of human intestinal helminth infections in farming communities in different parts of Ondo State, Nigeria. *West Afr J Med*. 11:13-7.
24. Amahmid O, Asmama S, Bouhoum K. The effect of wastewater reuse in irrigation on the contamination level of food crops by *Giardia* cysts and *Ascaris* eggs. *Int J Food Microbiol*. 49:19-26.
25. Gbakima AA, Sahr F. Intestinal parasitic infections among rural farming communities in eastern Sierra Leone. *Afr J Med Med Sci*. 24:195-200.
26. Perry MJ. 2003. Children's agricultural health: traumatic injuries and hazardous inorganic exposures. *J Rural Health*. 19:269-78.
27. Habib AG, Gebi UI, Onyemelukwe GC. 2001. Snake bite in Nigeria. *Afr J Med Med Sci*. 30:171-178
28. Alexe DM, Petridou E, et al. 2003. Characteristics of farm injuries in Greece. *J Agric Saf Health*. 9:233-40.
29. Chen XL, Li YP. Et al. 2003. Burn injuries associated with the water tank of motor farming tricycles in China. *Burns*. 29:816-819.
30. United States Census Bureau. International Data Base 7-2003. (available online).
31. Tilman D, Fargione J, et al. 2001. Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science*. 292: 281-284.
32. United Nations. World Population Prospects: The 1998 Revision. (available online).
33. Hall P, Pfeiffer U. 2000. Urban Future 21: A Global Agenda for Twenty-First Century, E & FN Spon, London
34. Elgendy H. 2002. Institut fur Stadtebau und Landsplanung der Universitat Karlsruhe. Global trends: Urbanization. (available online).
35. Mitchell CA. 1994. Bioregenerative life-support systems. *Am J Clin Nutr*. 60:820S-824S.
36. Global Hydrology and Climate Center at the National Aeronautics and Space Administration, Washington, D.C. (available online).
37. Food and Agriculture Organization press release 2002 ([http://www.fao.org/waicent/ois/press\\_ne/english/2002/3084-en.html](http://www.fao.org/waicent/ois/press_ne/english/2002/3084-en.html))
38. Goudriaan J, Zadoks JC. 1995 Global climate change: Modelling the potential responses of agro-ecosystems with special reference to crop protection. *Environ Pollut*. 87:215-24.

39. Root TL, Price JT, Hall KR, Schneider SH, Rosenzweig C, Pounds JA. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*. 421:57-60.
40. Pimentel D. 1991. Global warming, population growth, and natural resources for food production. *Soc Nat Resour*. 4:347-63.
41. McMichael AJ. 2001. Impact of climatic and other environmental changes on food production and population health in the coming decades. *Proc Nutr Soc*. 60:195-201.
42. Abate T, van Huis A, Ampofo JK. 2000. Pest management strategies in traditional agriculture: an African perspective. *Annu Rev Entomol*. 45:631-59.
43. World Bank estimates for 2001. (available online). 44. Institute of governmental studies. Public Affairs Report. University of California at Berkeley. 42:Summer 2001
45. Wood S, Sebastian K, Scherr SJ. 2001. Pilot Analysis of Global Ecosystems. International Food Policy Research Institute and World Resources Institute. P. 110.
46. Gunderson LH. 2000. Ecological resilience –in theory and application. *Ann Rev Ecology Systematics*. 31:425-439.
47. National Science Foundation Program in Long Term Ecological Research. (available online).
48. Williams M. 2003. Deforesting The Earth. University of Chicago Press. P. 689.
49. Wiseman J. 1998. Insight: eagle eye at NASA. abstracts. 51. *Archaeology*.
50. Lizot J. 1993. Yanomami natural resource use: and inclusive cultural strategy. In: Hladik CM, Hladik A, Linares OF, Pagezy H, Semple A, and Hadley M (eds), *Tropical Forests, People, and Food: Biocultural Interactions and Applications to Development*. Man and the Biosphere series. Vol. 13: UNESCO, Paris.
51. Diamond J. 1994. The ecological collapse of ancient civilizations. *Bull. Amer. Acad. Arts & Sciences XLVII*:37-59.
52. Pimentel, D., C. Harvey, P. Resosudarmo, K. Sinclair, D. Kurtz, M. McNair, S. Crist, L. Spritz, L. Fitton, R. Saffouri & R. Blair. 1995. Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits. *Science* 267: 1117-1123.
53. Schubert SD, Suarez MJ, Pegion PJ, Koster RD, Bacmeister JT. 2004. On the cause of the 1930s dust bowl. *Science* 303: 1855-1859 .
54. Harold V. Eck. 1988. Winter wheat response to nitrogen and irrigation. *Agron. J*. 80:902-908.
55. Opie J. 1993. *Ogallala:Water for a Dry Land*. University of Nebraska Press. P. 294
56. Woods JJ, Schloss JA, Mostteller J, Buddemeier RW, Maxwell BA, Bartley JD, Whittemore DO. 2000. Water level decline in the Ogallala Aquifer. KWO-KGS Contract Report 99-132. Kansas Geological Survey open-file Report 2000-29B (v2.0).
57. The Docking Institute of Public Affairs: The value of Ogallala Groundwater. 2001.
58. Kirkbride WA. Panmunjom: facts about the Korean DMZ. Hollym Corp. Pubs. P. 80.
59. Kostel K. 2004. Fieldnotes. Preserve: Nature's olive branch. Audubon. (available online).
60. Ree HI. 2000. Unstable vivax malaria in Korea. *Korean J Parasitol*. 38:119-38.
61. Vaughan H, Brydges T, Fenech A, Lumb A. 2001. Monitoring long-term ecological changes through the Ecological Monitoring and Assessment Network: science-based and policy relevant. *Environ Monit Assess*. 67:3-28.
62. Parr TW, Sier AR, Battarbee RW, Mackay A, Burgess J. 2003. Detecting environmental change: science and society-perspectives on long-term research and monitoring in the 21st century. *Sci Total Environ*. 310 :1-8.
63. Likens GE, Bormann FH. 1995. *Biogeochemistry of a Forested Ecosystem*. Second Edition, Springer-Verlag New York Inc. P. 159.
64. Likens GE. 2001. *Ecosystems: Energetics and Biogeochemistry*. pp. 53-88. In: Kress WJ and Barrett G (eds.). *A New Century of Biology*. Smithsonian Institution Press, Washington and London.
65. Bernhardt ES, Likens GE. 2002. Dissolved organic carbon enrichment alters nitrogen dynamics in a forest stream. *Ecology*. 83:1689-1700.
66. Likens GE, Bormann FH, Johnson NM, D. W. Fisher, Pierce RS. 1970. Effects of forest cutting and herbicide treatment on nutrient budgets in the Hubbard Brook watershed-ecosystem. *Ecol. Monogr*. 40:23-47.
67. Environmental Protection Agency. Auxillary information: national priorities list, proposed rule. *Intermittent Bulletin*. Internet Vol. 7. 2004. (available online).
68. Lugwig C, Hellweg S. 2002. Municipal solid waste management. Strategies and technologies for sustainable solutions. Springer Verlag, Pub. Heidelberg, New York. P. 545.
69. Nath KJ. 2003. Home hygiene and environmental sanitation: a country situation analysis for India. *Int J Environ Health Res*. 13 Suppl 1:S19-28.
70. Nguyen HM, Tu BM, Watanabe M, Kunisue T, Monirith I, Tanabe S, Sakai S, Subramanian A, Sasikumar K, Pham HV, Bui CT, Tana TS, Prudente MS. 2003. Open dumping site in Asian developing countries: a potential source of polychlorinated dibenz-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans . *Environ Sci Technol*. 37:1493-502.
71. Adeyeba OA, Akinbo JA. 2002. Pathogenic intestinal parasites and bacterial agents in solid wastes. *East Afr Med J*. 79:604-10.
72. Malkow T. 2004. Novel and innovative pyrolysis and gasification technologies for energy efficient and environmentally sound MSW disposal. *Waste Manag*. 24:53-79.
73. Eckenfelder WW. 1999. *Industrial water pollution control*. McGraw-Hill Science/Engineering/Math; 3 rd ed. P. 600.
74. Dumontet S, Scopa A, Kerje S, Krovacek K. 2001 The importance of pathogenic organisms in sewage and sewage sludge. *J Air Waste Manag Assoc*. 51:848-60.
75. Wie S, Shanklin CW, Lee KE. 2003. A decision tree for selecting the most cost-effective waste disposal strategy in foodservice operations. *J Am Diet Assoc*. 103:475-82.
76. Childs JE, McLafferty SL, Sadek R, Miller GL, Khan AS, DuPree ER, Advani R, Mills JN, Glass GE. Epidemiology of rodent bites and prediction of rat infestation in New York City. *Am J Epidemiol*. 148:78-87.
77. Mann LL, MacInnis D, Gardiner N. 1999. Menu Analysis for Improved Customer Demand and Profitability in Hospital Cafeterias *Can J Diet Pract Res*. 60:5-10.
78. Stalnacke P, Vandsemb SM, Vassiljev A, Grimvall A, Jolankai G. Changes in nutrient levels in some Eastern European rivers in response to large-scale changes in agriculture. *Water Sci Technol*. 49:29-36.
79. Fawell J, Nieuwenhuijsen MJ. 2003. Contaminants in drinking water. *British Medical Bulletin* 68:199-208.
80. Foster SSD, Chilton PJ. 2003. Groundwater: the processes and global significance of aquifer degradation. *Phil Trans: Biol Sci*. 358: 1957-1972.

81. Holt MS. 2000. Sources of chemical contaminants and routes into the freshwater environment. *Food Chem Toxicol.* 38(1 Suppl):S21-7.
82. Ritter L, Solomon K, Sibley P, Hall K, Keen P, Mattu G, Linton B. 2002. Sources, pathways, and relative risks of contaminants in surface water and groundwater: a perspective prepared for the Walkerton inquiry. *J Toxicol Environ Health A.* 65:1-142.
83. Odum EP. 1997. *Ecology: the bridge between science and society.* Sinauer Assoc. P 330.
84. Silverstone S, Nelson M, Alling A, Allen J. 2003. 84. Development and research program for a soil-based bioregenerative agriculture system to feed a four person crew at a Mars base. *Adv Space Res.* 31:69-75.
85. Allen JP, Nelson M, Alling A. 2003. The legacy of Biosphere 2 for the study of biospherics and closed ecological systems. *Adv Space Res.* 31:1629-39.
86. Allen J. 1997. Biospheric theory and report on overall Biosphere 2 design and performance. *Life Support Biosph Sci.* 4:95-108.
87. Scancar J, Milacic R, Strazar M, Burica OI. 2000. Total metal concentrations and partitioning of Cd, Cr, Cu, Fe, Ni and Zn in sewage sludge. *Sci. Total Environ.* 250:9-19.
88. Bonaventura C, Johnson FM. 1997. Healthy environments for healthy people: bioremediation today and tomorrow. *Environ Health Perspect.* 105:5-20.
89. Todd J. 1994. *From Eco Cities to Living Machines: Ecology as the Basis of Design* North Atlantic Press, Berkeley.
90. Todd, J, Josephson B. 1996. The design of living machines for wastewater treatment. *Ecological Engineering* 6, 109-136.
91. Salvato JA, Nemerow NL, Agardy FJ. 2003. *Environmental Engineering.* John Wiley & Sons; 5 th ed. P 1,584.
92. Cairns, Jr., John. 2000. Sustainability and the future of humankind: two competing theories of Infinite Substitutability. *Politics and the Life Sciences* 1: 27-32.
93. Teal JM. 1962. Energy flow in a salt marsh in Georgia. *Ecology* 43:614-624.
94. Ricklefs RE. 2000. *The economy of nature.* WH Freeman & Co. 5 th ed. P 550.
95. Hemond H, Fechner-Levy E. 1999. *Chemical fate and transport in the environment.* Academic Press. P 433.
96. Dubos R. 1968. *So human an animal.* Charles Scribner & Sons. New York.