

©Copyright, 2006. Todos os direitos são reservados. Será permitida a reprodução integral ou parcial dos artigos, ocasião em que deverá ser observada a obrigatoriedade de indicação da propriedade dos seus direitos autorais pela INTERFACEHS, com a citação completa da fonte. Em caso de dúvidas, consulte a secretaria: interfacehs@interfacehs.com.br

O DESAFIO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS: O OLHAR PARA ALÉM DAS NOSSAS FRONTEIRAS

Aldo Pacheco Ferreira

Professor da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca (ENSP/Fiocruz), mestre e doutor em engenharia biomédica (Coppe/Universidade Federal do Rio de Janeiro)
aldoferreira@ensp.fiocruz.br

RESUMO

A mitigação dos efeitos causados pelas alterações climáticas constitui um desafio importante. Durante um longo período de intenso progresso científico e tecnológico, a humanidade concentrou sua criatividade e seus esforços no desenvolvimento e na produção de novos compostos químicos, destinados a satisfazer as necessidades de subsistência e de manutenção da saúde de uma população em crescimento exponencial. Seus impactos ambientais foram descritos à luz dessas propriedades. Foram descritas de forma inter-relacionadas ações contextualizadas para avaliar, discutir e propor medidas de conscientização dos problemas atuais e futuros do planeta causados pelo aumento de temperatura.

Palavras-chave: alterações climáticas; saúde pública; risco; sustentabilidade ambiental; ecologia humana.

As alterações climáticas são uma das maiores ameaças ambientais, sociais e económicas que o planeta enfrenta. No século XX, a temperatura média da superfície terrestre aumentou cerca de 0,6°C. Há fortes indicações de que a maior parte do aquecimento global nos últimos 50 anos é atribuível a atividades humanas. Os combustíveis fósseis, que queimamos para produzir energia e assegurar os transportes, são especialmente responsáveis, libertando para a atmosfera gases, como o dióxido de carbono (CO₂), que aquecem a superfície da Terra.

A mitigação dos efeitos causados pelas alterações climáticas constitui um desafio importante. O objetivo em longo prazo é evitar que a temperatura global aumente mais de dois graus acima do nível da era pré-industrial. Isso significa que, até 2050, o mundo tem de reduzir as emissões de gases com efeito de estufa em pelo menos 15% e, provavelmente, muito mais em comparação com os níveis de 1990. Um objetivo especial é o CO₂ que emitimos quando queimamos combustíveis fósseis como o carvão, o petróleo e o gás. Nos casos em que os combustíveis fósseis são ainda utilizados, poderá ser possível capturar as emissões de carbono e armazená-las em minas abandonadas ou em campos de petróleo ou gás, em vez de libertá-las para a atmosfera.

Proteger a natureza e a biodiversidade é importante, não apenas pelo prazer que nos pode dar o nosso ambiente natural, mas, sobretudo porque os nossos recursos alimentares estão ameaçados pela desertificação e pela perda de espécies vegetais e animais e de diversidade genética. A qualidade do nosso ambiente tem um impacto direto na nossa saúde e na nossa qualidade de vida. As doenças causadas por fatores ambientais estão a aumentar e as alterações climáticas vêm impulsionando as alterações ecossistêmicas; tudo isso nos conduz a termos como meta um ambiente que não seja prejudicial à saúde e que mantenha a nossa atual qualidade de vida.

Temperaturas mais elevadas significam uma subida do nível do mar à medida que as calotas polares se derretem. Tal aumento põe em perigo as zonas costeiras e as pequenas ilhas. As alterações climáticas tornam o tempo mais instável, trazendo mais tempestades e secas e, com elas, inundações e escassez de água. Algumas doenças, como a malária, propagar-se-ão a novas regiões. Algumas espécies, incapazes de acompanhar o ritmo da mudança, extinguir-se-ão (ASSUNÇÃO & PESQUERO, 1999).

Os padrões de produção agrícola modificar-se-ão. A subsistência e até mesmo a sobrevivência de comunidades inteiras estarão em risco em algumas regiões do mundo. Noutras, o ambiente natural e a utilização que dele é feita poder-se-ão modificar radicalmente. Alguns destes impactos já são irreversíveis (ALVES, 2006).

O crescimento econômico consome recursos naturais e produz resíduos. O que se precisa é reduzir o impacto ambiental da utilização dos recursos e produzir menos resíduos para um mesmo nível de crescimento econômico. Isso significa uma maior utilização dos recursos renováveis (desde que a sua utilização seja sustentável), maior recurso à reciclagem e melhor gestão dos produtos residuais dos resíduos.

Para minimizar os ajustamentos necessários e evitar o pior das ameaças, é preciso recorrer mais a produtos e atividades que resultem em níveis inferiores de emissões de gases com efeito de estufa (CERRI et al., 2007). Tal implica uma abordagem de baixos níveis de carbono na política industrial. Significa também uma utilização mais eficiente dos combustíveis fósseis e a sua substituição por fontes de energia renováveis, como a energia eólica e a solar.

A crescente preocupação com a qualidade ambiental de ecossistemas, a preocupação com impactos antrópicos e a busca por melhores resultados ambientais tem se refletido no aumento de estudos, modelos e sistemas de gestão de recursos naturais. Algumas destas prioridades estão a ser integradas em estratégias temáticas que adotam uma perspectiva abrangente em relação à proteção do solo, conservação do ambiente marinho, utilização sustentável dos pesticidas, poluição atmosférica, ambiente urbano, utilização e gestão sustentáveis dos recursos e prevenção e reciclagem dos resíduos.

Uma reconversão para fontes de energia e combustíveis menos poluentes é um fator crucial para respeitar o Protocolo de Quioto, o qual acabou gerando o surgimento dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL). Esses mecanismos baseiam-se na compra e venda de créditos de carbono, o que permite aos países poluentes, em especial os países desenvolvidos, a compensação de sua poluição até poderem adotar medidas mais eficazes (GOLDEMBERG, 2000).

Todo esse processo evolutivo da questão ambiental, sendo o meio ambiente tratado como bem comum e de responsabilidade de todos, principalmente dos setores econômicos responsáveis pela geração de impactos negativos, acabou por ser a mola-mestra de grandes mudanças legislativas, governamentais e empresariais pelo mundo afora, inclusive no Brasil (FEARNSIDE, 2006).

A luta contra as alterações climáticas é um desafio enorme, mas essencial para o futuro do nosso planeta. Permitirá igualmente melhorar a qualidade do ar e terá benefícios econômicos, tornando-nos menos dependente das importações de petróleo e gás e menos vulnerável ao aumento do preço dos combustíveis fósseis (BARROS, 2006).

POLUENTES QUÍMICOS: UM AMBIENTE (IN)SEGURO E (IN)SUSTENTÁVEL

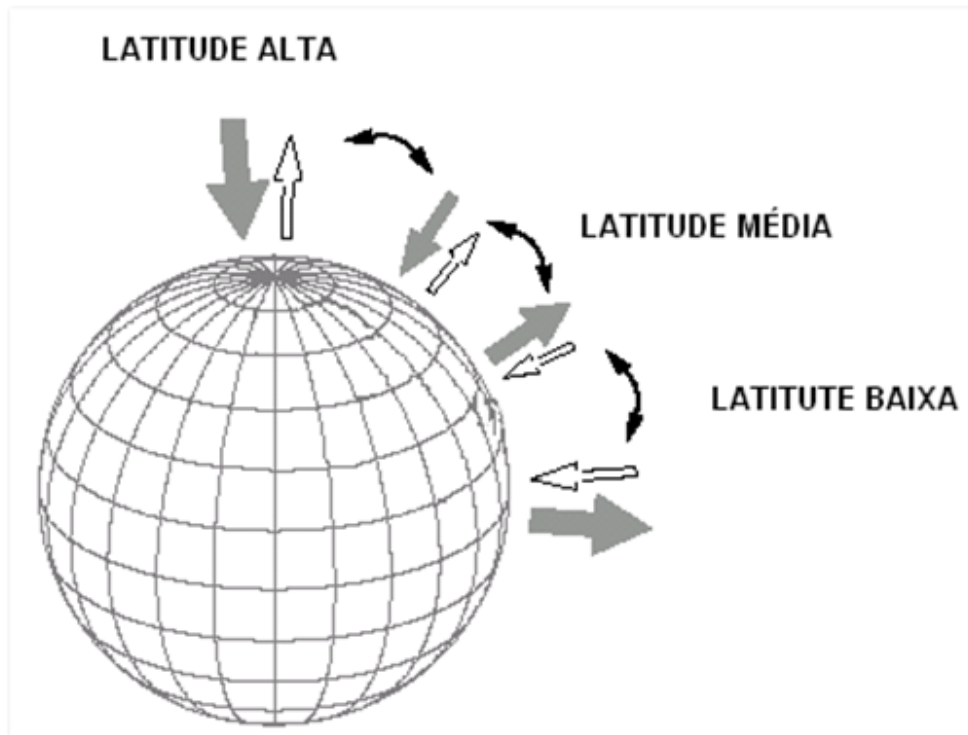
Durante um longo período de intenso progresso científico e tecnológico, a humanidade concentrou sua criatividade e seus esforços no desenvolvimento e na produção de novos compostos químicos, destinados a satisfazer as necessidades de subsistência e de manutenção da saúde de uma população em crescimento exponencial.

Os produtos químicos parecem desempenhar um papel nesse processo e, no entanto, a informação de que dispomos sobre o vasto volume de produtos químicos que utilizamos é escassa e incompleta. Estima-se que os produtores e importadores de produtos químicos terão de registrar cerca de 30 mil substâncias largamente utilizadas – apresentando informações sobre as suas propriedades, efeitos, utilizações e formas seguras para a sua manipulação (HERTZBERG & MACDONELL, 2002). Os produtores e importadores serão igualmente obrigados a transmitir essas informações a todos os que utilizam produtos químicos nos seus processos de produção. Esse sistema permitirá melhorar a segurança dos locais de trabalho e dos produtos finais. O procedimento facilitará também a colocação no mercado de novos produtos químicos e contribuirá assim para uma indústria química sustentável e competitiva, cujos produtos obedeçam a normas de segurança rigorosas (PIMENTEL et al., 2006).

Estima-se que a produção global de compostos químicos sintéticos tenha aumentado de 1 milhão de toneladas para 400 milhões de toneladas entre a década de 1930 e os dias atuais. Essas substâncias, na sua maioria desconhecidas, foram lançadas no mercado consumidor, doméstico ou industrial, sem restrições ou sem conhecimento de seus impactos ambientais de médio e longo prazo. Assim, estamos em contato com um grande número de substâncias cujos efeitos são desconhecidos. Além disso, essas substâncias podem reagir entre si gerando novos produtos químicos sobre os quais existe ainda menos conhecimento. Os eventuais efeitos aditivos e sinérgicos entre essas substâncias são possibilidades reais que, embora gerando controvérsias, estão sendo extensamente investigadas.

A Figura 1 mostra a variação das taxas de evaporação e condensação em função da temperatura, de acordo com a latitude. No equador, onde as temperaturas mais altas prevalecem, a evaporação é maior do que a condensação e ocorre pouca deposição. Nas latitudes intermediárias a relação entre esses processos depende das variações sazonais, e, na vizinhança dos pólos, a condensação prevalece sobre a evaporação. Esse mecanismo é conhecido como efeito gafanhoto, ou destilação global, pois ocasiona uma distribuição de substâncias poluentes no globo em função de sua volatilidade.

Figura 1 - Variação das taxas de evaporação e condensação em função da temperatura, de acordo com a latitude



A grande quantidade de produtos lançados ao meio ambiente trouxe compreensivelmente à tona a questão dos eventuais efeitos de sinergia. Em grande parte das publicações esse efeito é citado como mais uma possibilidade adversa, demandando pesquisas adicionais para caracterizar a sua existência. Em ciência ambiental este é um assunto complexo, pois envolve a interação de uma grande quantidade de substâncias das quais a maioria das vezes não são conhecidos nem seus efeitos isolados. Reconhecendo que o termo 'sinergia' tem sido invocado de forma pouco precisa e polêmica na literatura, emerge a necessidade de conceituar as variadas classes de misturas existentes, definindo os tipos de interações toxicológicas, e a interação entre multicomponentes deve restringir-se a enfoques mais simples e mais realistas, como risco de mistura e risco cumulativo.

Entretanto é preciso, também, aprofundar os nossos conhecimentos sobre a interação complexa entre os poluentes e a saúde humana, uma vez que nos encontramos expostos a muitos poluentes diferentes que, em combinação, produzem um efeito de *cocktail*. No âmbito do plano de ação 'ambiente e saúde' estamos a obter mais informações sobre esse efeito, graças à investigação orientada e à monitorização em

longo prazo da nossa saúde e do nosso ambiente. Os conhecimentos adquiridos serão utilizados para reduzir a ameaça que a poluição representa para a nossa saúde.

A QUESTÃO DOS RISCOS PARA A SAÚDE PÚBLICA

A saúde é considerada como um bem precioso pela generalidade dos indivíduos, e, conseqüentemente, as comunidades expressam a defesa da saúde como um objetivo social (MOREL, 2002).

A humanidade sempre baseou seu desenvolvimento na natureza, extraíndo dela seu sustento. A partir do século XIX, com a Revolução Industrial, as sociedades passaram a explorar cada vez mais e mais o meio ambiente, contribuindo para o esgotamento de recursos naturais e gerando impactos (NICOLACI-DA-COSTA, 2002). Tais balizadores irão dar base para discutir agravos à saúde pública quanto às mudanças climáticas.

A sociedade civil, a partir do final do século XX, passou a exigir dos setores economicamente ativos uma maior responsabilidade. Responsabilidade essa que abrange preocupações com a sociedade como um todo, com a qualidade de vida e do meio ambiente.

A percepção de que as sociedades humanas, mediante suas atividades econômicas, atuam prejudicialmente na qualidade ambiental começou a se dar em meados do século XX. Impactos como a degradação de *habitats* naturais devido ao crescimento urbano, a extinção de espécies da fauna e flora nativa, a poluição de leitos de rios e oceanos e o aquecimento global, entre outros, são exemplos claros dos efeitos negativos do crescimento econômico desenfreado.

O reconhecimento, pela humanidade, da necessidade de se aprender a utilizar o meio ambiente sem destruí-lo acabou gerando a convocação, em julho de 1972, da Conferência sobre o Meio Ambiente Humano, organizada pela Organização das Nações Unidas (ONU) e mais conhecida como Conferência de Estocolmo, por ter sido realizada na capital da Suécia. Caracterizada como um dos mais importantes marcos da conscientização ambiental, essa conferência internacional contou com a participação de mais de 113 países. Os principais resultados formais do encontro foram: a “Declaração sobre o Meio Ambiente Humano”, mais conhecida como “Declaração de Estocolmo”, que acabou por definir os direitos da sociedade a um ambiente produtivo e saudável, assegurados os acessos a água e alimentação, habitação e informação sobre o controle da natalidade; e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA),

coordenador de todas as atividades de organismos da ONU com relação ao meio ambiente, atuando junto a governos, comunidades científicas, indústrias e organizações não-governamentais.

A preocupação com o risco pode resultar em um instrumento valioso para a saúde ecossistêmica que tem como fundamento, na ética da moderna saúde pública, a garantia da prevenção de conseqüências danosas para a saúde, a curto e longo prazo. A recente introdução da gestão estocástica do risco para a saúde, em lugar da tradicional gestão determinística do risco, veio possibilitar resultados de maior precisão. No entanto, mesmo estes não revelam riscos valorizáveis para a saúde pública.

As metodologias para avaliação e gestão dos riscos para a saúde pública, decorrentes de presença de substâncias tóxicas no meio ambiente, têm sido objeto de grande atenção desde o início dos anos 80 (ALVES, 2006). As quatro etapas clássicas,

- 1) *hazard assessment*, avaliando o perigo do agente em estudo;
- 2) *exposure assessment*, descrevendo detalhadamente as populações expostas ao agente;
- 3) *dose-response assessment*, estimando o efeito à exposição; e
- 4) *risk characterization*, descrevendo para cada situação de exposição de cada grupo populacional exposto à probabilidade de aparição de efeitos nefastos,

obrigam a estudos longos e difíceis de uniformizar, o que sem dúvida dificulta a transparência da tomada de decisões na gestão do risco. Entretanto, novas abordagens têm sido postas em prática.

Determinar qual o risco que se associa às atividades em causa e se esse risco é aceitável, são tarefas que obrigam a contribuição ampla da física, da química, da engenharia, da meteorologia, da toxicologia, da medicina, da genética, da nutrição, da sociologia e da epidemiologia, entre outros saberes que podem contribuir para a construção de um cenário possível. Essa determinação tem em apreço aspectos gerais (exemplo: natureza e efeito dos poluentes em causa) e aspectos locais ou especiais (exemplo: ventos dominantes na zona, composição química da matéria-prima). Medida sob a forma de impacto na saúde e no ambiente, a avaliação do risco é objeto de preocupação científica geral e, em particular, entre nós, existe disponível informação proveniente de estudos de impacto ambiental. Para essa avaliação contribuíram múltiplas aproximações globalmente enunciadas, atendendo nomeadamente a fatores que interferem no transporte e na difusão de poluentes.

Os elementos científicos disponíveis permitem-nos, hoje, afirmar respostas não dubitativas, com confortável segurança, a algumas questões fundamentais. A adoção de medidas de prevenção primária, como por exemplo a não ingestão de produtos alimentares hipoteticamente contaminados por poluentes, permitiria ultrapassar os escassos riscos eventualmente decorrentes. Os riscos potenciais são tão baixos que medidas de prevenção secundária, diagnosticando e tratando adequadamente os raros indivíduos que pudessem adoecer em consequência da emissão de poluentes, são socialmente aceitáveis.

Embora conscientes de que poderá haver outras apreciações distintas, o conjunto de efeitos adversos para a saúde de cada indivíduo em particular, da população, ou finalmente o equilíbrio do ecossistema, associados com a exposição a metais, partículas ou poluentes orgânicos persistentes, foram reconhecidos ao longo do tempo com base em observações de natureza clínica e epidemiológica, no âmbito da saúde ocupacional, da avaliação de acidentes ou de investigação em toxicologia, particularmente experiências em animal. Esses efeitos refletem a especificidade do agente, a natureza aguda ou crônica da exposição, as vias de contato, a diversidade genética, e não a fonte de emissão, salvo para o caso de ocorrerem interações – mal conhecidas – entre poluentes com origem comum, não sendo previsíveis diferenças nos resultados a exposições ao mesmo agente químico ou físico qualquer que seja a sua origem (KOIFMAN, KOIFMAN & MEYER, 2002).

O fato é que os poluentes químicos de forma generalizada alteram o equilíbrio ambiental causando a elevação da temperatura. Assim, pode-se usar essa evidência para uma aproximação geral ao problema em causa, o que reforçaria a idéia de ser lícito valorizar os impactos eventuais das emissões resultantes dos processos industriais perigosos na perspectiva de contribuírem local e globalmente como uma fonte adicional de poluentes. No entanto, porque esses processos se inserem numa estratégia de destino final para resíduos já produzidos, e para os quais não se dispõe de solução alternativa, pode antes esperar-se, pelo contrário, que contribuam para uma redução das emissões poluentes e através dessa via ajudem a assegurar uma melhoria das condições de saúde da população geral, isto é, promovam melhorias em termos de saúde pública.

O diminuir progressivo dos níveis de emissão permitidos, conseguido através de aperfeiçoamentos continuados nas soluções tecnológicas para o controle da poluição, resultante da atividade industrial em geral, bem como a proibição de formas desorganizadas de acumulação e até queima de resíduos, poderá justificar, por exemplo, a diminuição progressiva dos teores séricos de dioxinas, apesar de se acompanhar nos

mesmos países pelo crescente recurso a processos térmicos para tratamento de resíduos, colaborando sistematicamente para a minimização impactante que esses processos promovem na temperatura do planeta (ASSUNÇÃO & PESQUERO, 1999).

No entanto, os efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde não provêm unicamente dos poluentes existentes. Sabe-se que os principais fatores que intervêm no transporte e na difusão de um poluente são: o débito e a temperatura de emissão e a altura efetiva da rejeição para a atmosfera; a diluição pelos ventos (velocidade do vento) e a *advection* (dependente da direção e velocidade do vento); os fluxos verticais que levam a uma dispersão lateral e vertical do poluente (os fluxos verticais têm um papel importante na deposição no solo); a estrutura térmica da atmosfera (que favorece ou limita a expansão vertical dos poluentes na camada de mistura) – quanto maior a instabilidade da atmosfera, maior a dispersão da mistura; as transformações químicas dos poluentes; as chuvas; a natureza dos obstáculos no solo e a topografia dos terrenos.

Conseqüentemente são fáceis de compreender as dificuldades de modelização do transporte e da difusão de poluentes atmosféricos, que também é dependente do conhecimento de múltiplos outros parâmetros meteorológicos. Além disso, são difíceis de fixar os níveis de exposição acima dos quais se considera lesivo para a saúde um determinado poluente. Se atentarmos nas doses diárias consideradas aceitáveis por diferentes Estados ou organismos científicos para os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos clorados veremos que apresentam larga variação (KOIFMAN & PAUMGARTTEN, 2002), e a rápida evolução do conhecimento neste domínio e as diferentes metodologias de avaliação toxicológica obrigam a ponderar freqüentemente conceitos, indicadores e valores de referência.

Como já referido, a avaliação dos riscos decorrentes da exposição a resíduos industriais perigosos deve ter em consideração não apenas a avaliação do risco para o homem, mas também a avaliação do risco ecológico, analisando e rastreando o resultado da exposição aos poluentes emitidos por rotina em plantas, peixes e caça, e a análise de acidentes, avaliando as conseqüências e podendo contribuir para a redução de diferentes classes de acidentes. A necessidade de trabalhos de investigação compreensivos, de longa duração, vai tendo respostas válidas. São, no entanto, essenciais múltiplos estudos de vigilância epidemiológica, que devem ter uma base populacional tão alargada quanto possível, serem de coorte e, se viável, fazendo participar ativamente a população a par dos profissionais de saúde na investigação dos dados e na sua interpretação a fim de minorar o impacto psicológico da situação e de prevenir situações de conflituosidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As alterações climáticas, a biodiversidade, a saúde ambiental e os resíduos são problemas de carácter global. A deterioração dos *habitats* marinhos no outro lado do mundo afeta os nossos abastecimentos alimentares. Por conseguinte, torna-se primordial a participação ativa na negociação dos tratados internacionais no domínio do ambiente. Alguns são bem conhecidos, como o Protocolo de Quioto sobre emissões de gases com efeito de estufa e o Protocolo de Montreal relativo às substâncias que empobrecem a camada de ozônio. Muitos outros são igualmente cruciais para melhorar o estado do ambiente. Entre os inúmeros temas abrangidos contam-se a poluição atmosférica, a biodiversidade, o comércio de espécies em perigo, de produtos químicos perigosos e de organismos geneticamente modificados (OGM), as transferências de resíduos, a desertificação, as catástrofes, a gestão de cursos de água e o acesso público à informação ambiental.

Assim, cada situação de produção de poluentes exige uma avaliação específica. A variabilidade de condições meteorológicas e geográficas, que condiciona riscos distintos de poluição atmosférica e/ou dos solos, as diferenças de densidade populacional das comunidades sujeitas aos poluentes, e a caracterização, qualitativa e quantitativa, das produções agrícolas e animais no perímetro afetado, podem, eventualmente, condicionar a existência de um risco não desprezível para a saúde, e o conseqüente impacto nas condições climáticas ambientais.

Garantir que a poluição não ponha em perigo a saúde pública é uma obrigação fundamental dos governos, o que também faz sentido de um ponto de vista económico. As doenças causadas por fatores ambientais custam dinheiro em cuidados de saúde, medicamentos, licenças por doença, menor produtividade, invalidez e reformas antecipadas. Esses custos são freqüentemente superiores aos custos da prevenção.

REFERÊNCIAS

ALVES, H. P. F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. *Rev. bras. estud. popul.*, v.23, n.1, p.43-59, 2006.

ASSUNÇÃO, J. V.; PESQUERO, C. R. Dioxinas e furanos: origens e riscos. *Rev. Saúde Pública*, v.33, n.5, p.523-30, 1999.

BARROS, M. Clima e endemias tropicais. *Estud. Av.*, v.20, n.58, p.297-306, 2006.

CERRI, C. E. P.; SPAROVEKI, G.; BERNOUX, M.; EASTERLING, W. E.; MELILLO, J. M.; CERRI, C. C. V. Agricultura tropical e aquecimento global: impactos e opções de mitigação, *Sci. Agric.*, v.64, n.1, p.83-99, 2007.

CONTINENTAL POLLUTANT PATHWAYS. *An Agenda for Cooperation to Address Long-Range Transport of Air Pollution in North America*. Disponível em: www.cec.org.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amaz.*, v.36, n.3, p.395-400, 2006.

GOLDEMBERG, J. Mudanças climáticas e desenvolvimento. *Estud. Av.*, v.14, n.39, p.77-83, 1999.

HERTZBERG, R. C.; MACDONELL, M. M. Synergy and other ineffective mixture risk definitions. *The Science of the Total Environment*, v.288, p.31-42, 2002.

KOIFMAN, S.; KOIFMAN, R. J.; MEYER, A. Distúrbios do sistema reprodutivo humano e a exposição a pesticidas no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v.18, n.2, p.435-45, 2002.

KOIFMAN, S.; PAUMGARTTEN, F. J. R. O impacto dos desreguladores endócrinos ambientais sobre a saúde pública. *Cadernos de Saúde Pública*, v.18, n.2, p.354-55, 2002.

MOREL, C. M. Geração de conhecimento, intervenções e ações de saúde. *São Paulo Perspec.*, v.16, n.4, p.57-63, 2002.

NICOLACI-DA-COSTA, A. M. Revoluções tecnológicas e transformações subjetivas. *Psic.: Teor. e Pesq.*, v.18, n.2, p.193-202, 2002.

PIMENTEL, L. C. F. et al. O inacreditável emprego de produtos químicos perigosos no passado. *Quím. Nova*, v.29, n.5, p.1138-49, 2006.

Artigo recebido em 27.06.2007. Aprovado em 03.08.2007.