

Mudanças climáticas globais e alterações climáticas: a participação dos grandes reservatórios de usinas hidrelétricas

*Leila Limberger*¹
*Sandra Elisa Contri Pitton*²

RESUMO: Perante a necessidade de discussão (sem subtrair a prática) sobre a atual situação do clima a nível global, registrado pelos órgãos de pesquisa climatológica em todo o mundo, a presente pesquisa visa contribuir para a divulgação de informações do atual estado da arte desta ciência. Além de uma discussão conceitual sobre mudanças climáticas ou alterações climáticas, visa entender a participação de ações antrópicas locais na alteração de diferentes paisagens para a alteração de climas locais e como esta interligação de alterações pode afetar o clima global. Para tanto, especifica-se a análise de pesquisas realizadas em áreas afetadas por reservatórios de usinas hidrelétricas.

PALAVRAS-CHAVE: mudanças climáticas globais; alterações climáticas; reservatórios de usinas hidrelétricas

ÁREA: Ciências Naturais

¹ Mestre em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – UNESP - Campus de Rio Claro. Docente da Faculdade União das Américas.

² Doutora em Geografia. Docente da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – UNESP - Campus de Rio Claro.

INTRODUÇÃO

Diante das recentes e recorrentes discussões a respeito das *mudanças climáticas globais* ou *aquecimento global* e suas repercussões sobre os mais variados aspectos que afetam o bem-estar e a vida humana, tornam-se necessários estudos cada vez mais frequentes para que se evitem especulações e distorções sobre este assunto. E o que se percebe é que realmente os estudos acerca das mudanças climáticas globais vêm se intensificando. Estas preocupações se fundamentam tendo em vista que mudanças no clima resultam em situações de instabilidade, que podem afetar toda organização, tanto espacial quanto social ou econômica, a qual o homem integra.

Em particular a instalação de reservatórios para geração de energia hidrelétrica é uma ação antrópica que muita discussão tem gerado sobre sua influência ou não nas alterações climáticas.

Este artigo tem por finalidade, portanto, trazer informações sobre pesquisas realizadas tanto com relação aos aspectos globais das mudanças climáticas quanto aos aspectos mais locais e específicos de alterações climáticas, enfocando pesquisas em áreas atingidas por reservatórios artificiais de água.

1. O QUE SERIA UMA “MUDANÇA CLIMÁTICA GLOBAL”, AFINAL?

Várias ainda são as lacunas metodológicas e conceituais para o procedimento de estudos que procurem compreender as “mudanças” registradas nos padrões climáticos em várias partes do globo. Segundo Mendonça (2007, p. 188), na atualidade

têm-se denominado mudanças climáticas as distintas alterações que muitos parâmetros climáticos vêm apresentando em várias partes do mundo, inclusive com repercussão nos níveis dos oceanos, como consequência do AG (Aquecimento Global).

Apesar da definição acima quanto à mudança climática, vale salientar que existem vários outros parâmetros para se definir modificações nos padrões climáticos. Estes seriam, segundo Conti (1998), revolução climática, mudança climática, flutuação climática, interação climática e alteração climática (Tabela 01).

Mudanças Climáticas Globais		
<i>Termo</i>	<i>Duração</i>	<i>Causas prováveis</i>
Revolução Climática	Acima de 10 milhões de anos	Atividade geotectônica e possíveis variações polares
Mudança Climática	10 milhões a 100 mil anos	Mudança na órbita de translação e na inclinação do eixo terrestre
Flutuação Climática	100 mil anos a 10 anos	Atividades vulcânicas e mudança na emissão solar
Interação Climática	Inferior a 10 anos	Interação atmosfera-oceano
Alteração Climática	Muito curta	Atividade antrópica, urbanização, desmatamento, armazenamento de água, etc.

Fonte: CONTI, 1998, p. 76

O que se afirma é que as alterações climáticas, causadas pela ação antrópica, possam ter alterado em tal grau o Sistema Terra que como resultado ocorre o que se convencionou chamar de mudança climática, ou seja, modificações permanentes nos parâmetros climáticos globais. E independente das dificuldades conceituais, o que fica claro é que “o aquecimento global é validado pelo IPCC³ como um fato consolidado” (MENDONÇA, 2007, p. 188), e, portanto, as análises sobre o tema tendem a intensificar-se.

Isto porque o clima é considerado um importante componente em um sistema em equilíbrio, no caso o planeta Terra. Desta forma, modificações em qualquer um dos componentes de

³ Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática, da Organização das Nações Unidas (ONU).

um sistema em equilíbrio podem repercutir em desarmonia na relação entre tais elementos.

Conti (1993, p. 32) escreve que o fenômeno de mudanças climáticas de ordem zonal “ainda é insuficientemente explicado”, apesar dos vários estudos na área, citados por ele⁴. Esses estudos comprovam mudanças em alguns aspectos da circulação atmosférica, processos de desertificação, aquecimento global. Diz ainda que “por ter caráter transitório, essas alterações seriam melhor classificadas como oscilações climáticas e não como mudanças efetivas”.

Ainda conforme Conti

a intensa transformação ambiental realizada pelo homem, especialmente nas baixas latitudes, alargando as áreas de desmatamentos e de superexploração do solo [...] pode ser apontada, também, como responsável por algumas modalidades de mudanças climáticas, notadamente em micro e meso-escalas

Lovelock (2006), Mendonça (2007) e vários outros cientistas relatam sinais claros do “aquecimento global”, tais como diminuição da cobertura do gelo ártico, surgimento de fendas em geleiras da Antártida, além de desmembramento de enormes blocos de gelo, recuo de geleiras de algumas áreas montanhosas do globo, intensificação de eventos climáticos extremos em muitas partes do globo.

No entanto, segundo Mendonça (2007, p. 187), existem ainda algumas incertezas quanto ao desenvolvimento deste processo desencadeado pela humanidade e, segundo ele

as incertezas dos cientistas com relação às simulações climáticas futuras decorrem da impossibilidade dos modelos contemporâneos preverem a atuação de todos os mecanismos de autorregulação do globo, que podem tanto

⁴ Vale ressaltar que os estudos mais significativos sobre mudanças climáticas locais se referem ao hemisfério norte, isto devido, principalmente, à mais completa rede de dados meteorológicos para análise, em relação ao hemisfério sul.

minimizar quanto intensificar os efeitos do aquecimento global.

Já para Lovelock (2006), criador da teoria de Gaia, a retroalimentação (ou feedback) positiva do processo está muito mais forte do que a retroalimentação negativa, o que indica, segundo ele, que o aquecimento global tende a se intensificar cada vez mais. Um feedback positivo seria a diminuição do albedo do gelo com o derretimento do mesmo, pois então a radiação solar seria absorvida pela terra escura (sem gelo), o que aumentaria a temperatura da terra. Outro feedback positivo seria o aumento de área coberta por água dos oceanos pobre em nutrientes, devido ao aquecimento dos oceanos, diminuindo assim as algas, e por consequência, a taxa de dióxido de carbono absorvido. Mais um fator levantado pelo autor é que, com o aumento da temperatura, as florestas do mundo tendem a se desestabilizar, e com isso, reduzir sua área de cobertura, e assim a Terra perde um de seus mecanismos de resfriamento. Além do mais, com a morte dos ecossistemas florestais e das algas, haverá uma maior liberação de dióxido de carbono e metano no ar: mais gases estufa. Enfim, o autor enumera mais processos que alimentariam positivamente o processo de aquecimento global, que, para ele, deve ser visto com seriedade por toda a humanidade.

Mudanças e calamidades poderão atingir os mais diversos locais espalhados pelo planeta, em situações e intensidades diferenciadas. E a maneira como cada sociedade vai reagir ou sofrer estes efeitos dependerá da vulnerabilidade, da magnitude e da rapidez dos acontecimentos. A vulnerabilidade de um sistema indica sua habilidade ou não em lidar com os efeitos das mudanças climáticas, estando relacionada à tecnologia, educação, informação, infra-estrutura, capacidade de gerenciamento e da riqueza disponível em uma sociedade (TAVARES, 2001). Assim, sociedades mais desenvolvidas possivelmente terão maior capacidade de superar as adversidades advindas das mudanças climáticas em relação às sociedades mais pobres.

Tem-se, então, que a ação do homem sobre o meio altera suas características originais de estabilidade, o que, no caso da alteração das características climáticas, *pode* levar a modificações no seu padrão original, pois o sistema busca um novo equilíbrio, caracterizando, assim, a *mudança climática*. Corroborando essa afirmativa, segundo Poltronieri (1996), desde que o homem surgiu, ele causa impactos ao equilíbrio biológico, pois é (de)predador e competidor.

2. ACERCA DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E RESERVATÓRIOS DE USINAS HIDRELÉTRICAS

Alterações nos padrões climáticos são normalmente sentidas de maneira mais evidente em escala local, isto porque a escala zonal é regida predominantemente pela circulação atmosférica global, com um funcionamento mais complexo e de maior dificuldade de alteração. Grandes “obras” do homem, como desmatamento, instalação de cidades, agricultura, construção de rodovias, dentre muitas outras, constituem impactos ambientais e podem, assim, trazer também alterações ao clima de um dado local, sendo que a escala de abrangência destas alterações varia de acordo com o porte do empreendimento.

A instalação de hidrelétricas e seus respectivos reservatórios chama a atenção de vários pesquisadores, tanto os que tratam de impactos ambientais e sociais quanto da questão de engenharia das obras e produção de energia, dentre outros. Estudos referentes a essa temática são muito importantes no Brasil, por ser um país que tem sua política de geração de energia elétrica baseada quase que totalmente na hidroeletricidade (mais precisamente, 90%), segundo Vichi e Mello (2003). Sendo assim, seu território é marcado por vários locais com grandes concentrações de água, que servem para mover as turbinas que geram a energia que é distribuída para todo o país. Segundo Deffune (1990) o estado do Paraná, por exemplo, tem 5% do seu território coberto por reservatórios.

Mendonça et al. (1985) afirmam que a construção de barragens rompe o equilíbrio natural existente na região de sua localização. Consideram que identificar todas as consequências de uma barragem é um processo muito complexo, pois empreendimentos deste tipo passam a causar inúmeros efeitos; entretanto enumeram as seguintes áreas como as mais atingidas por um grande reservatório: hidrologia, biologia, geologia, clima, paisagismo, recreação, turismo, industrialização, poluição, habitação, relações humanas e recomposição do meio ambiente.

Guidon (1991), em seu trabalho *Estudo das variações climáticas na área do lago de Tucuruí*, estudando as localidades de Tucuruí e Marabá, constatou mudanças em alguns parâmetros climáticos após a instalação do reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí. Caracterizam-se por variação na precipitação (porém não considerada estatisticamente significativa, provavelmente pelo fato de a região naturalmente apresentar uma alta variação interanual nos parâmetros de pluviosidade), na temperatura (também pouco significativa) e diminuição da amplitude térmica. Quanto ao parâmetro Umidade Relativa não foi constatada modificação nos seus valores. Já um fator analisado e bastante significativo da referida pesquisa é a constatação da criação de brisas terra-lago e lago-terra devido a diferenças de temperatura e pressão decorrentes da presença do corpo d'água, o que ocasionou modificação na circulação local dos ventos.

Boin (2000), analisando as chuvas e erosão no oeste paulista, coloca que a presença de resíduos positivos quanto à pluviosidade tanto no vale do rio Paraná (Pontal do Paranapanema) quanto no vale do rio Paranapanema pode ser atribuída à presença de grandes superfícies de evaporação de água – os reservatórios das Usinas Hidrelétricas, muito frequentes nessa região – que provocariam chuvas convectivas locais ao longo dos referidos vales.

Sigaud (1988), falando sobre os impactos provocados no curso do rio e suas imediações, pela formação do reservatório da UH de Sobradinho, relata como principais a inviabilização da

agricultura de vazante; perda do "controle das águas" por parte dos vizinhos do rio que dele se utilizavam para a agricultura; inviabilização da pesca tradicional; mudanças sociais decorrentes de reassentamento de povoados e mudanças decorrentes da implantação de uma infra-estrutura não condizente com a região. Coloca também que da instalação desta UH decorreram muitos problemas principalmente no que diz respeito ao reassentamento das pessoas deslocadas pelo lago. Em virtude desses fatos, muitos trabalhos e relatórios foram efetuados a respeito da UH de Sobradinho tanto por cientistas como por organizações sindicais da área, Igreja católica e até mesmo pela própria Companhia Hidrelétrica do rio São Francisco (CHESF).

No que se refere aos impactos ambientais, e mais especificamente às alterações no clima local, decorrentes da instalação do reservatório da UH de Itaipu, destacam-se os trabalhos realizados por Grimm (1988). Estes estudos trabalharam com a comparação dos dados meteorológicos das estações de Itaipu (de 1977 a 1986, mantido pela Itaipu Binacional) e Guaíra (de 1963-1986, do INMET) que estão localizadas próximas ao lago, com Cascavel (1973-1986, dados do IAPAR) e Palotina (1972-1986, dados também do IAPAR), localizadas respectivamente a 75 e 35 km do lago. Esta comparação mostrou que em Itaipu houve uma diminuição da temperatura máxima e um aumento da temperatura mínima, identificando-se, assim, uma diminuição da amplitude térmica; ainda para Itaipu, não foram significativos os resultados quanto à insolação e precipitação total mensal e máxima mensal, mas detectou-se aumento na evaporação. Já quanto a Guaíra, não foi verificada variação na temperatura máxima mensal, mas houve um aumento na temperatura mínima mensal; não foi detectada variação nos dados de insolação, mas os valores de evaporação aumentaram; em Guaíra também não foram detectadas alterações para a precipitação total mensal e máxima mensal; o vento nordeste não sofreu modificação significativa, mas o vento leste às 21h00 apresentou aumento da frequência (podendo ser atribuído à formação de brisa terra-lago à noite) mas não de velocidade; a

calmaria também diminuiu às 21h00, e as outras direções de vento não apresentaram variações.

Ferreira e Lombardo (2000, p. 156), em um estudo realizado sobre a *Variabilidade Climática e a Ocorrência de malária na área de influência do reservatório de Itaipu – Paraná, Brasil*, utilizando-se de dados da estação meteorológica da Itaipu Binacional, afirmam que “pôde-se indicar alguns fatos relevantes, embora não conclusivos, sobre possíveis mudanças no clima local”. Essas autoras afirmam que, com a formação do lago de Itaipu, houve uma elevação das médias de temperatura mínima anual e redução das máximas, ou seja, redução na amplitude térmica. Os demais parâmetros analisados (precipitação, umidade relativa do ar e ventos) não tiveram significativa variação, excetuando-se a verificação de diminuição de calmarias e aumento na formação de neblina noturna. Ferreira e Lombardo (2000) acreditam, baseadas em trabalhos de Tundisi, que com a acumulação de uma massa líquida de 29 bilhões de m³ de água, tenham sido provocadas alterações no balanço hídrico da região, bem como uma elevação no lençol freático. Segundo as autoras existe também uma alteração na morfologia local, com o afogamento do baixo curso de vários rios. Também com a maior acumulação de material erodido num ambiente lântico. Lembram também alterações tais como modificações na qualidade da água, na concentração de sedimentos e na estrutura térmica vertical da massa líquida.

A partir do contato com os dois últimos trabalhos citados, Limberger (2007) procurou aprofundar os estudos na região da UH de Itaipu, já que as pesquisas anteriores deixavam lacunas. Propôs, para a referida pesquisa, uma abordagem regional, ou seja, procurou analisar a influência do lago de Itaipu na região oeste paranaense como um todo. A metodologia utilizada para a pesquisa é a mesma proposta por Grimm (1988), ou seja, comparação de dados meteorológicos de duas estações distantes entre si: uma próxima (São Miguel do Iguaçu) e outra distante 75 km (Cascavel) do lago de Itaipu. Foram analisados os dados de temperatura média, máxima e mínima, precipitação e umidade relativa do ar.

Os dados alcançados revelam que não há alteração significativa entre os dados meteorológicos das duas estações analisadas em nenhum parâmetro. O que foi percebido é que houve um aumento significativo dos índices de temperatura média tanto em Cascavel quanto em São Miguel do Iguaçu. Os índices de precipitação, por sua vez, registraram diminuição do volume precipitado por ano, porém em proporção menor. Estes dados revelam uma tendência global para os climas das latitudes médias, como é o caso da região analisada. Vale dizer que os dados variaram conjuntamente nas duas estações analisadas, sem grandes disparidades entre elas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ações antrópicas alteram sim os diferentes climas do mundo, inicialmente em escalas locais, mas também interferindo na escala regional e até zonal. No caso específico das UH os resultados sentidos são sobre o clima e aspectos geomorfológicos.

Com isso, percebe-se que a presença do homem sobre a Terra precisa ser repensada imediatamente e mudanças de posturas são emergenciais, tendo em vista que qualquer alteração que seja realizada sobre o ecossistema tem repercussões em todo o mundo, percebendo-se o planeta como um Sistema Vivo Interconectado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOIN, M. N. **Chuvas e erosões no oeste paulista**: uma análise climatológica aplicada. Rio Claro, 2000, 264 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Geografia da UNESP.

CONTI, J. B. Considerações sobre mudanças climáticas globais e regionais. **Boletim de Geografia Teórica**, Rio Claro, SP, v. 23, n. 45-46, p. 31-33, 1993.

CONTI, J. B. **Clima e meio ambiente**. 3. ed. São Paulo: Atual, 1998.

DEFFUNE, G. **Clima e uso da terra no norte e noroeste do Paraná**: 1975-1986: subsídios ao planejamento regional. São

Paulo, 1990, 214 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Geografia/FFLCH/USP.

FERREIRA, M. E. M. C.; LOMBARDO, M. A. Variabilidade climática e a ocorrência de malária na área de influência do reservatório de Itaipu – Paraná, Brasil. In: SANT'ANNA, J. L.; ZAVATTINI, J. A. **Variabilidade e mudanças climáticas**. Maringá, PR: EDUEM, 2000. p. 147-163.

GRIMM, A. M. Verificação de variações climáticas na área do lago de Itaipu. **Anais do V Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, v. 1, 1988, p. II.7 – II.11.

GUIDON, M. A. A. de O. **Estudo das variações climáticas na área do lago de Tucuruí**. São Paulo, 1991. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Geografia/FFLCH/USP.

LIMBERGER, L. **O clima do oeste do Paraná: análises sobre a presença do lago de Itaipu**. Rio Claro, 2007. 131 f. Dissertação (Mestrado) – PPGG/UNESP.

LOVELOCK, J. **A vingança de Gaia**. São Paulo: Editora Intrínseca, 2006.

MENDONÇA, F. de A. et. al. **O represamento dos rios e seu impacto ambiental: o caso da Hidrelétrica de Itaipu**. Londrina, PR: Departamento de Geografia, 1985.

MENDONÇA, F. de A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

POLTRONIERI, L. C. Percepção de custos e riscos provocados pelo uso de praguicidas na agricultura. In: DEL RIO, V.; OLIVEIRA, L. **Percepção ambiental: a experiência brasileira**. São Carlos, SP: Studio Nobel; UFSCar, 1996. p. 237-253.

SIGAUD, L. Efeitos sociais de grandes projetos hidrelétricos: as barragens de Sobradinho e Machadinho. In: ROSA, L. P.; SIGAUD, L.; MIELNIK, O. (Orgs.). **Impactos de grandes projetos hidrelétricos e nucleares: aspectos econômicos, tecnológicos, sociais e ambientais**. São Paulo: Marco Zero, 1988.

TAVARES, A. C. **Variabilidade e mudanças climáticas**. Rio Claro, 2001. 228 f. Tese (Livre Docência) - Departamento de Geografia – Unesp.

VICHI, F. M.; MELLO, L. F. de. A questão energética no Brasil. In: HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M. (Orgs.). **Energia e meio ambiente**. Trad. da 3. ed. norte-americana por VICHI, F. M.; MELLO, L. F. de. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

