

SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS E O CICLO HIDROLÓGICO DA BACIA  
HIDROGRÁFICA AMAZONICA - *the biotic pump*

Ana Lúcia S. MACHADO  
Doutoranda/DINTER-UnB/UEA- [analusmachado@hotmail.com](mailto:analusmachado@hotmail.com)

Jesuéte Bezerra PACHECO  
Doutoranda/DINTER-UnB/UEA – UFAM - [geogensino@gmail.com](mailto:geogensino@gmail.com)

RESUMO

O objeto de análise deste trabalho se prendeu ao ciclo hidrológico na Amazônia e a relação com a floresta Amazônica e os serviços ecossistêmicos como condicionantes para a sustentabilidade geoambiental. A metodologia utilizada foi a pesquisa documental científica, como subsídio para análise: da importância dos serviços ecossistêmicos; do resultado dinâmico do ciclo hidrológico e consequentemente à sustentabilidade geoambiental. Os resultados obtidos demonstram que os *serviços de regulação* deverão acompanhar a capacidade de suporte de cada elemento ecossistêmico. Entre os exemplos mais importantes está a maior bacia hidrográfica do mundo que é a amazônica, ao reportar a retirada, mesmo que gradativa de elementos que constituem seus ecossistemas, principalmente, aqueles das áreas frágeis como as faixas dos diques marginais, das nascentes e dos declives acentuados, poderá gerar mudanças em parte do ciclo hidrológico. Nesse sentido, há necessidade de mais estudos a fim de detectar quanto esses tipos de impactos interferem, assim como, poder de fato apontar os riscos de sustentabilidade ao ciclo hidrológico e as respectivas funções que proporciona ao clima e ao conforto térmico que oferece à sociedade humana e os outros seres dos ecossistemas que a integram. Portanto, isto serve de alerta, no sentido de que cada cidadão deva exercer a sua parte individual e a coletiva, interagindo assim com a comunidade científica, contribuindo junto o poder público na formulação e execução políticas públicas eficientes e eficazes, tendo como objetivo a sensibilização da sociedade civil na mobilização em prol da garantia de sustentabilidade ambiental local e global.

Palavras-chaves: *serviços ecossistêmicos – ciclo hidrológico – sustentabilidade*

ECOSYSTEM SERVICES AND THE HYDROLOGICAL CYCLE OF THE AMAZON  
RIVER BASIN - *the biotic pump*

Abstract:

The object of analyses on this work was the hydrologic cycle in *Amazonia* and the relationship with Amazon Forest and ecosystem services as geoenvironment. The methodology applied in this study was scientific documental research, as a subsidize to the analyze: of the importance of ecosystem services; the dynamic result of hydrological system e eventually the geoambient sustainable. The results demonstrate that *regulation system* must go along the support capacity of each

ecosystemic element. Among the more important examples is the biggest watershed in the world which is the Amazon watershed, the , the gradual removal of elements that compose those ecosystems, in special, the one in fragile areas such as margins, draw-well, and accentuated slope, could generate changes in parts of hydrologic cycle. In this point, there are needs of more studies to detect who much impact this changes can cause in long-term, as well, point the risks of sustainability on hydrologic system and the respective functions that provides the clime and the thermal comfort that is offer to human society and others beings on the same ecosystem. Therefore, this is a alert, because every citizen must do their own part, as a individual or as collative, interacting with the scientific community, and among with the government in formulation and execution of the public policy, having as the goal the awareness of society in mobilization to guarantee the local and planetary environmental sustainability.

Key-words: Ecosystemic services – hydrologic system – sustainability

## INTRODUÇÃO

A água é um bem renovável, regido por um ciclo, conhecido por ciclo hidrológico. Apenas 3 % aproximadamente do total da água existente no planeta é *água doce*, porém a disponibilidade para o uso é ainda menor. É de importância à existência da vida, a exemplo do consumo humano que necessita de aproximadamente 70 à 100 litros/*per capita*/dia, distribuídos nas seguintes atividades: para beber 2/ℓ; preparo alimentos 3/ℓ; asseio corporal 25/ℓ; limpeza doméstica 20/ℓ; e, lavagem de roupa 20/ℓ<sup>1</sup>. Sendo assim, esse bem hídrico pode ser alterado na medida em que há interferências seja em captação ou transferência desses para outros locais.

Em se tratando do cenário que potencializa o Brasil como o detentor de 19,5% da *água doce* do planeta, a partir da contribuição externa de 259.000 m<sup>3</sup>/s (8.200 km<sup>3</sup>/ano), mesmo que não dispusesse dessa, de acordo com a Agência Nacional das Águas – ANA (2009) seria ainda significativa. Nos dados levantados pela ANA, o potencial de 13,7% ou 183.000 m<sup>3</sup>/s (5.770 km<sup>3</sup>/ano), em solo brasileiro é um grande potencial quando comparado ao total de disponibilidade hídrica do mundo que é de 42.000 km<sup>3</sup>/ano.

Dos 68% de água no Brasil, 65% está concentrado praticamente na Região Norte devido à contribuição da bacia amazônica (3.870.000 km<sup>2</sup> em área brasileira)

---

<sup>1</sup> Palestra do Diretor-Presidente Dalvino Franca - Agencia Nacional da Água. *Cúpula das Cidades Amazônicas Manaus/2009*.

.....detêm 64% da área. Esse percentual apontado pela ANA (2009) advém do alto pico sazonal de dezembro a julho de incidência de precipitação e menores índices nos outros meses do ano.

O reservatório de água e o ciclo hidrológico ainda em constante equilíbrio sazonal (sem grandes enchentes e vazantes fora do padrão analisado nesses 90 anos<sup>2</sup>) se prendem a situação da bacia amazônica que apresenta a maior extensão de florestas tropicais do planeta exercendo assim uma grande influência no clima local, regional e de certa forma global.

Mesmo com essas considerações, há uma grande preocupação com as mudanças no uso do solo amazônico pela interferência antrópica, cuja tendência aponta para alterações e conseqüências climatológicas e ambientais em escala local e de certa forma até global.

Nesse sentido, realizou-se uma pesquisa documental e, com base nos dados dessas literaturas científicas que tratam a respeito de ciclo hidrológico, serviços ecossistêmicos e ecossistemas amazônicos, será analisada a importância dos serviços ecossistêmicos, no que tange ao resultado dinâmico do ciclo hidrológico e a relação com a floresta amazônica e a sustentabilidade geoambiental.

## OBJETO DE ESTUDO

O objeto de análise se prenderá ao ciclo hidrológico na Amazônia e a relação com a floresta Amazônica e serviços ecossistêmicos como condicionantes para a sustentabilidade geoambiental.

## UMA BREVE ABORDAGEM CONCEITUAL

### Serviços Ecossistêmicos

Entre os conceitos sobre *serviços ambientais* ou *serviços ecossistêmicos* mais aceito internacionalmente é da Millennium Ecosystem Assessment (2003). Este conceitua como sendo benefícios obtidos dos ecossistemas, classificados em: serviços de provisão - produtos obtidos dos ecossistemas (alimentos, água doce, fibras, produtos químicos entre outros); serviços de regulação - obtidos da regulação de processos ecossistêmicos (Exemplo: regulação do clima, regulação da água, regulação das doenças); serviços culturais - benefícios intangíveis obtidos dos ecossistemas sejam espirituais, paisagísticos, estéticos; e, serviços de suporte –

---

<sup>2</sup> Palestra do Climatólogo, Prof. Dr. Francisco Evandro Aguiar/DEGEO-ICHL-UFAM/2009

aqueles necessários para a produção de todos os outros serviços ecossistêmicos (formação do solo, ciclagem de nutrientes e produção primária – [ALCAMO et al., 2003]).

Neste estudo será abordado especificamente o serviço de provisão e de regulação quanto à produção de água e regulação da água por meio do ciclo hidrológico também apresentado por ciclagem da água e a importância para Amazônia.

#### Ciclo hidrológico

No mecanismo natural do ciclo hidrológico, como uma das funcionalidades da Terra, deve-se entender que a água é o elemento constituinte da hidrosfera, distribuído em três reservatórios principais: oceanos, continentes e atmosfera. A integração entre estes se dá por meio de uma circulação contínua que é responsável pela renovação da água no planeta denominado de ciclo da água ou ciclo hidrológico.

Sendo assim, esse movimento contínuo e dinâmico que transporta água de um lugar para outro é mantido pela energia solar e pela gravidade por meio da evaporação, transpiração, sublimação, condensação, precipitação, infiltração, escoamento superficial, de acordo com as leis físicas que dirigem essa ciclicidade.

Os fenômenos que permitem o ciclo hidrológico é a coexistência dos três estados (sólido, líquido, gasoso), os quais implicam em transferências contínuas de um estado para outro. Por ser dessa forma, o princípio dos processos que desencadeiam esse movimento da água, tem início a partir da energia solar que incide sobre a Terra.

Desse modo, da superfície terrestre a água é transferida para a atmosfera (do estado líquido ao estado gasoso), pela evaporação direta, transpiração das plantas e dos animais e, por sublimação (passagem do estado sólido para vapor). No decorrer da mudança no seu estado físico absorve calor, armazenando energia solar na molécula de vapor de água na proporção que sobe à atmosfera.

Participando também desse ciclo da atmosfera, o vapor de água formará nuvens, cuja movimentação está sob influência da rotação da Terra e das correntes atmosféricas. Dependendo das condições climáticas essas nuvens posteriormente serão precipitadas em forma de chuva, neve ou granizo.

No contexto geral, muitos estudos já foram realizados a respeito do ciclo hidrológico e as respectivas contribuições que recebe. Sobre isto, Souza, P.F.S.(1991), Santos, I.A (1986), Salati, E. e Vose, P. B (1984), Salati, E. e Marques, J (1984) deixam entendido que entre os grandes agentes de equilíbrio desse processo hidrológico está a vegetação, pois além de tirar a água necessária para o respectivo metabolismo absorve uma parte da água que cai pelas raízes, cuja função no futuro é retornar à atmosfera pela transpiração ou pela evaporação.

A respeito desse estado a água, após processado passará por alteração de temperatura de acordo com o lugar. Será elevada nos oceanos que estão sob a influência das altas subtropicais e menos intensa nos oceanos equatoriais, onde a precipitação é abundante. Em contrapartida, nos continentes as precipitações serão mais elevadas onde se tem a presença de florestas e mais baixa nos lugares que existem desertos.

Em sendo o *ciclo hidrológico* responsável pela renovação da água no planeta será de importância fundamental a manutenção das florestas e respectivos ecossistemas, a fim de prosseguir com o equilíbrio dinâmico natural no planeta Terra. Portanto, a seguir será explicado a importância desse ciclo na Amazônia e a representatividade para o continente sul-americano.

#### Ventos alísios e ventos contra-alísios

No ciclo da água os ventos têm grande parcela de contribuição que dependendo das características e áreas de atuação tem movimentos distintos. Desse modo, os dos ventos alísios e contra-alísios são os que participam do referido ciclo, em específico na Amazônia.

Os alísios são ventos constantes e intensos que chegam a cobrir 1/3 da superfície da terra. A origem desses se dá a partir do encontro dos ventos vindo dos dois hemisférios (Norte - trópico de Câncer e do Sul - trópico de Capricórnio) para o Equador, onde aquecem e formam correntes convectivas, na denominada Zona de *Convergência Intertropical* - ZCIT ou *doldrum* (NIMER, 1989).

Os contra-alísios são os ventos que saem do Equador, na medida em que se resfriam retornam aos trópicos para altitudes elevadas e desviam para oeste (força de Coriolis), em decorrência do movimento de rotação da Terra. Esses ventos são chamados de *alísios do sudeste* e *alísios do nordeste*.

## CICLO HIDROLÓGICO E AS ÁGUAS AZUIS E ÁGUAS VERDES NA AMAZÔNIA

O ciclo hidrológico tem uma função importantíssima para a permanência das espécies vivas, assim como, ao equilíbrio do ambiente biofísico-químico, tendo em vista ser o elemento água, vital para o meio ambiente.

Entre dados de estudos publicados e de conferências internacionais como da UNESCO (em Paris no ano de 1998), a respeito da distribuição da água sobre os continentes por meio da precipitação, calcula-se um total aproximado de 110.000 km<sup>3</sup>/água. Deste total há uma redistribuição: 44 mil/km<sup>3</sup>, denominada de *água azul*, precipita-se alimentando os cursos de água em seus aquíferos, incorporando-se aos vegetais e demais organismos; a outra porção (66.000 km<sup>3</sup>), chamada de *água verde* processa-se pela evapotranspiração, constituindo o equilíbrio do ciclo natural da água. (CHRISTOFIDIS, 2006 a e b).

A contribuição do ciclo hidrológico faz do Brasil um país com alto indicador de água renovável (42.459 km<sup>3</sup>/ano), haja vista que a vazão média anual dos rios em território brasileiro é de 179 mil/m<sup>3</sup>/s, total que corresponde a aproximadamente 12% do quantitativo mundial de água doce.

Essa contribuição advém das doze principais bacias hidrográficas do país, principalmente do grande potencial da região hidrográfica Amazônica. Só a Amazônia brasileira, em 3.869.953 km<sup>2</sup>, detém 73,6% de águas superficiais acessíveis do país e, se adicionado à área que está em território estrangeiro, na razão de 2,2 milhões de km<sup>2</sup>, de onde recebe 86.321 m<sup>3</sup>/s, o percentual aumenta. (CHRISTOFIDIS, 2002 e 2006 a e b).

Em se tratando da bacia amazônica, segundo Christofidis (*op.cit.*) a contribuição do ciclo hidrológico apresenta um percentual significativo da recepção pluviométrica e vazão das *duas águas*: *água azul* = 1.075 mm - 46% e a *água verde* = 1.164 mm – 54% ⇔ Q/ 131.947 m<sup>3</sup>/s ⇔ 73,6.

Com esses dados é possível verificar que o ciclo hidrológico na Amazônia é favorável para a estabilidade do clima e sustentabilidade biótica e abiótica, principalmente na América do Sul, pois além da precipitação que reabastece os ecossistemas amazônicos, também se torna contribuinte para a ciclagem hídrica em outras bacias de drenagens (sul e sudeste).

Esse resultado é influenciado pela floresta amazônica que embora em seu ciclo receba a umidade da principal fonte primária que é o oceano Atlântico, retribui para este, assim como, para o Pacífico com a circulação de ar e, em consequência, se tem à precipitação que modula os ventos deixando as águas mais frias desse oceano. Além disso, desloca vapor d'água para outros países como a Argentina, como escreve Salati (1983).

Sendo assim, a floresta amazônica é uma grande contribuinte na manutenção de reservatórios *de água azul e água verde e/ou do solo*, porém neste século com a grande preocupação mundial à conservação dos ecossistemas, no que se trata da garantia de suprimentos hídricos disponíveis necessários para as populações de espécies vivas.

## FUNÇÃO DOS VENTOS ALÍSEOS PARA O CICLO HIDROLÓGICO DA BACIA AMAZÔNICA

No contexto da análise sobre o ciclo hidrológico já se explicitou que este é o responsável pela distribuição e movimentação da água. Coelho Netto e Avelar (2007), explicam que a distribuição espacial e temporal da água se dá em virtude da interação de fenômenos variados, envolvendo componentes e processos específicos relacionados com a hidrosfera, atmosfera, biosfera e litosfera.

Assim sendo, Salati (1983) demonstra em sua pesquisa que o fluxo de vapor d'água que entra na Amazônia é originário do oceano Atlântico, daí a fonte primária das ocorrências de chuvas nessa região. Por conseguinte, nessa mesma análise Gérard Moss e Margi Moss<sup>3</sup> e Chiaretti (2009), ressaltam que os ventos prevaletentes na Amazônia sopram de leste a oeste do planeta, trazendo para a citada região cerca de 10 trilhões de m<sup>3</sup>/ano de água na forma de vapor de água originada da evaporação do referido oceano.

Desse modo, o que proporciona a circulação de vapor d'água na Amazônia são ciclos de movimento do ar, certos muito localizados, outros provindos de outras áreas do planeta. Sendo que, os processos são ditados pela a atmosfera terrestre,

---

<sup>3</sup> Projeto Rios Voadores. Petrobrás Ambiental, 2003. Disponível <[http://www.riosvoadores.com.br/show\\_imprensa.php?id\\_media=964](http://www.riosvoadores.com.br/show_imprensa.php?id_media=964)>. Acessado em 15/11/2009

gravidade (pressão do ar), luz solar (temperatura do ar), oceanos e topografia (**Fig. 1**).



**Figura 1: Caminhos percorridos pelo vapor d'água.**

Para o realce dessa compreensão é necessário que seja observado como acontece o dinamismo dos ventos, já que estes além de contribuírem para a manutenção do equilíbrio térmico do planeta são também responsáveis pela distribuição da umidade do ar.

Em se tratando dos ventos alísios, durante a sua movimentação, passam pelos oceanos carregando grande quantidade de vapor d'água. No caso da participação do ciclo hidrológico na Amazônia esse vapor é transportado do oceano Atlântico.

Correia et al. (2006) defendem que o vapor trazido do Atlântico favorece em cerca de  $\frac{3}{4}$  da umidade que circula anualmente na região. A outra parte provém da evapotranspiração, ou seja, as precipitações anuais são pelo menos a metade de toda a umidade que circula na bacia. Isto permite entender que a Amazônia exporta, e reexporta, uma quantidade anual significativa de umidade (*aproximadamente duas vezes o total da precipitação regional ou, ainda, quatro vezes a sua evapotranspiração*). Como já explicado sobre o mecanismo dos ventos alísios e o transporte de vapor d'água que vai umidificar o ar, 50% da umidade é deslocada na direção ao sul da América do Sul, os outros 50% segue em direção ao oceano Pacífico e Caribe.

Ainda na análise desses autores (CORREIA et al. 2006 e 2007), de 20% a 35% das chuvas regionais são alimentadas pela evapotranspiração produzidas na bacia amazônica. Portanto, ressalta-se que não é toda evapotranspiração que se precipita sobre a bacia, porém a contribuição para as chuvas anuais é muito significativa e daí as alterações nos usos da terra têm impactos importantes que devem ser acompanhados.

#### SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS – FLORESTA AMAZÔNICA - *BIOTIC PUMP* E SUSTENTABILIDADE GEOAMBIENTAL.

Os serviços ecossistêmicos de provisão, tratado neste artigo é o de produção de água doce, obtidos principalmente no ecossistema amazônico, por meio da evaporação direta dos igapós, evaporação da superfície foliar, transpiração vegetal e animal, vapor d'água advindo do oceano e ainda das inúmeras nascentes protegidas pela floresta.

Quanto aos serviços ecossistêmicos de regulação refere-se à regulação do clima e regulação da água atmosférica que se estende da região amazônica às regiões centro-sul do Brasil e países vizinhos.

Essa água concentrada na região amazônica e das demais partes do continente, inevitavelmente por gravidade é levada para o oceano. Sendo assim, para manter a terra umedecida, deve haver a compensação contínua de vapor de água pela atmosfera, dados do International Geosphere Biosphere Program, usados por Makarieva e Gorshkov (2007) mostraram que a distância média a que os fluxos de ar podem transportar umidade do oceano, sobre áreas não-florestais, não excede centenas de quilômetros e a precipitação diminui à medida que se distancia do oceano. O que difere de áreas com extensas florestas naturais, a exemplo da África Equatorial e Floresta Amazônica.

Isso aponta para a existência de uma *biotic pump* que transporta a umidade atmosférica terrestre dos oceanos. Neste contexto, a *biotic pump*, pode ser explicada por meio da dinâmica existente a partir da transpiração das árvores e a liberação do vapor d'água que ao encontrar as camadas de ar frias condensa-se, tornando o ar acima das florestas rarefeito conseqüentemente diminui a pressão atmosférica. Com a queda da pressão o ar das superfícies vizinhas é puxado em direção a elas, resultando em ventos. O ar úmido resultante da evaporação do

oceano vem para o continente. Isto ocorre devido ao alto índice foliar, das grandes extensões de florestas naturais, que mantêm elevados fluxos de evaporação, e apóiam o movimento ascendente do ar sobre a floresta, como mencionado anteriormente.

Makarieva e Gorshkov (2007) sugerem que a floresta *suga* o ar úmido do oceano que é a essência da *biotic pump* de umidade atmosférica. Outros cientistas como Salati, Fearsinde e Hess já haviam demonstrado a importância da floresta na ciclagem da água, porém o que difere da proposta de Makarieva e Gorshkov é que estes apresentam a floresta nativa de grandes extensões como um *chupa chuva*<sup>4</sup>.

Hess (2002) defende que cada hectare de floresta produz pela evapotranspiração foliar cerca de 4000 a 6000 toneladas de água/dia.

Graças a esse processo, grande parte das chuvas e da elevada umidade que as florestas tropicais úmidas necessitam para sobreviver são, criadas pela própria floresta que tem sido substituída por pastagens.

A substituição da floresta natural por pastagens, como acontece na Amazônia pode colocar em risco esse serviço ecossistêmico, especialmente na estação seca, quando a pastagem fica seca enquanto a floresta permanece verde.

Devido à vegetação rasteira (pastagens) que eleva o escoamento superficial num fator de até 10 vezes, a água entra nos igarapés e escorre para o Oceano Atlântico sem passar pela ciclagem, como apresentou Fearnside no experimento realizado em Rondônia/RO e nas proximidades de Manaus, (coleta pluviométrica a cada 24 horas, em duas áreas - uma de pastagem e uma de floresta, cada, medindo 1m x 10 m. Na área de pastagem foram necessários quatro tambores de 200ℓ para coleta precipitada e na área de floresta se obteve coletas em média de 20 ℓ). O resultado disso indicou um escoamento da água na área de pastagem 10 vezes maior do que na área florestada (FEARNSIDE, 1997, 2003, 2004), demonstrando assim, o risco de sustentabilidade equilibrada do ciclo hidrológico se a cobertura do solo for alterada de floresta nativa para gramíneas.

O que se tem observado é que o desmatamento amazônico está destruindo a floresta rapidamente e excluindo oportunidades para o uso sustentável da floresta. A perda de oportunidade para capturar valor dos serviços ecossistêmicos providos

---

<sup>4</sup> Termo proposto por Prof. Dr. Donald Sawyer em apontamentos de aula, 2009.

pela floresta como uma nova base para a economia no interior da região, têm um valor que excede o dos usos de pastagens, por exemplo.

Sem a recuperação e a manutenção das florestas em grandes áreas do continente e com o aumento do desmatamento, em longo prazo a *biotic pump* será desequilibrada e o ciclo hidrológico pode não compensar as perdas locais de umidade, o que poderá acarretar uma alteração no ciclo hidrológico terrestre com incalculável presença de catástrofes naturais insustentáveis.

Os sistemas hidrológicos do mundo estão mudando rapidamente. Enquanto isso, o desmatamento já reduziu os fluxos de vapor derivados de florestas por quase 5%/ano, do total terrestre global, com poucos sinais de desaceleração (GORDON, 2005 *apud* SHEIL, 2009). A necessidade de compreender como cobertura vegetal influencia do clima nunca foi tão urgente.

Um grupo de pesquisa coordenado por Salati com participação de outros cientistas como Carlos Nobre, Margi Moss dentre outros, desenvolvem um projeto intitulado *Rios Voadores*, que consiste na perseguição de nuvens para coleta de gotas de chuva e verificação da influencia da floresta amazônica na formação destas nuvens. O objetivo do projeto é entender melhor o trajeto percorrido por esses verdadeiros rios voadores, que viajam na atmosfera e podem ter volume maior que a vazão de todos os rios do Centro-Oeste, Sudeste e Sul.

De acordo com dados do Projeto Rios Voadores, existe uma forte recirculação de água entre a superfície e a atmosfera, causada pela transpiração das plantas que compõem a floresta, o que contribui para os altos níveis de precipitação na Amazônia, que chegam a ultrapassar 2.400 mm/ano.

Os principais centros populacionais do Brasil, tais como Rio de Janeiro e São Paulo, sofreram blecautes, racionamento de água e energia elétrica em 2001, como resultado dos baixos níveis de água nos reservatórios na porção não amazônica do País. O papel do vapor d'água amazônico no suprimento de chuva para essa região vem se confirmando o que então deveria ressaltar a importância da conservação da floresta amazônica (FEARNSIDE, 2004).

A conservação de florestas nestas áreas implica em uma maior provisão de vapor de água para a região Centro-Sul. Infelizmente, pouco entendimento tem resultado desta *crise* sobre a importância da manutenção da floresta amazônica para manter a capacidade geradora do país no futuro.

Fearnside faz uma crítica ao indicar que a manutenção da ciclagem de água é fortemente no interesse nacional brasileiro, e diferente de manter a biodiversidade e evitar o efeito estufa, o que não impacta diretamente os países da Europa, América do Norte e Ásia. Portanto, não tem o mesmo potencial para gerar fluxos monetários e o interesse internacional. No entanto, pela lógica, a importância da água amazônica para o Brasil e para o mundo já se tornou conhecida, e isto deveria contribuir para motivar governos das instâncias municipais, estaduais e federais a desenvolver efetivas políticas de preservação e conservação da floresta em pé.

Além da diminuição da umidade atmosférica para a formação de chuva o desmatamento na floresta amazônica pode ainda modificar a vegetação que pode não reaparecer, cria-se desta forma uma nova comunidade vegetal, reduz capacidade de o terreno reter água, diminui a fertilidade do solo e acelera o processo de erosão, diminui biodiversidade e a geodiversidade (produção de água) na região.

Apesar dos riscos para o clima do planeta, devido às derrubadas das florestas tropicais, desmatamentos têm ocorrido em grandes proporções. Se medidas severas não forem tomadas e tal destruição prosseguir, as alterações climáticas e a falta de água deverão se tornar mais drásticas, trazendo o risco de grandes desastres a um número cada vez maior de pessoas.

Enquanto se está escrevendo este trabalho, o som de tratores e caçambas que estão pseudamente trabalhando, desmata uma área de aproximadamente 50.000 m<sup>2</sup> na área urbana periférica da cidade de Manaus, para retirada de *barro* utilizado para nivelamento na construção de avenidas desta capital (**Fig. 2**), inclusive sem o licenciamento ambiental.



**Figura 2: Desmatamento para exploração mineral**

Acontecimentos como este ocorrem constantemente sem nenhuma fiscalização e monitoramentos dos órgãos ambientais que deveriam proteger a biodiversidade e a geodiversidade. Entretanto o apelo ambiental da Amazônia fora do Brasil continua, o mundo volta os olhos para a Amazônia entre os interesses é vista como fonte de água para o futuro e para sustentabilidade da vida no planeta Terra.

#### UM CAMINHO PARA O DESENVOLVIMENTO E MANUTENÇÃO DA FLORESTA EM PÉ.

Diante da necessidade e da manutenção da *floresta em pé* para os serviços ecossistêmicos, de acordo com Becker (2005), é necessário o uso não predatório tanto das riquezas naturais, como também dos saberes populares tradicionais. É fundamental, portanto, investigar e propor novos caminhos para fortalecer o desenvolvimento na Amazônia.

Partindo desse pressuposto é que se propõe o fortalecimento de uma agricultura responsável e sustentável como delineada pela *Agenda 21*, que busca, primordialmente, a segurança alimentar, a educação, a redução da pobreza, a proteção ao meio ambiente, à participação popular no desenvolvimento e na transferência de tecnologias agrícolas por meio dos conhecimentos e práticas ecológicas da população autóctone.

Propostas dessa natureza foram apresentadas no VIII Encontro de Economia Ecológica<sup>5</sup>, no intuito de pensar uma agricultura sustentável baseada na inter-relação entre instituições, sociedade civil organizada e o pequeno produtor rural amazônico, entendido como um ator estratégico no processo construção de uma sociedade que luta pela sustentabilidade da vida.

Os estudos já realizados dentro desse contexto apontam as grandes possibilidades do manejo de processos produtivos agrícolas com bases ecológicas (sistemas agroflorestal, permacultura). Essa é uma defesa que tem alicerce na permacultura e nos *sistemas espontâneos tradicionais* de cultivo como alternativas viáveis para o pequeno agricultor da Amazônia.

Molisson (1994) é o grande defensor da permacultura já que esse sistema se resume no planejamento e na manutenção consciente de ecossistemas agriculturalmente produtivos, compostos de diversidade, estabilidade e resistência dos ecossistemas naturais, em que, haja uma integração harmoniosa entre as pessoas e a paisagem, provendo alimento, energia, abrigo e outras necessidades, materiais ou não, de forma sustentável.

Na versão do representante do Instituto de Permacultura do Amazonas – IPA, João Araujo, os sistemas convencionais produtivos são responsáveis pela perda na diversidade dos produtos oriundos da agricultura familiar no Amazonas. Pontua, também, que para cada hectare de área cultivada convencionalmente, cinco hectares de floresta são perdidos e, quanto mais às áreas são desmatadas maior privação os povos da floresta vão passar.

Além do mais, a agricultura de monocultivos caracteriza-se por aceitar práticas que contribuem para diminuição dos recursos naturais. Já a permacultura e os *sistemas espontâneos tradicionais* em vez de aceitar ações que agredem os bens naturais, focaliza suas bases de implementações nas soluções sustentáveis.

---

<sup>5</sup> OLIVEIRA, Elane C.; MACHADO, Ana Lucia S.; RIBEIRO, Edinelza M. (2009). *Multifuncionalidade da agricultura: um olhar sobre o programa zona franca verde do estado do Amazonas*. **VIII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**. Cuiabá (MT):ECOECO, 5 a 7 ago.  
BRANDÃO, Jesuete P.; BRANDÃO, José Carlos M.; LEONARDOS, Othon H. (2009). *Sistemas de produção alternativos para a sustentabilidade na Amazônia*. **VIII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**. Cuiabá (MT):ECOECO, 5 a 7 ago.

Esses processos produtivos agrícolas com bases sustentáveis podem garantir uma produção de alimentos de baixo impacto ambiental, pois valoriza os fluxos naturais circulantes de energia, proporcionando baixa entropia para o ambiente, sendo viável ao pequeno agricultor para oferecer diversidade de produtos e proteger a floresta.

No estado do Amazonas, os dados apresentados pelo Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas - IDAM dão conta de que 80% dos alimentos consumidos vêm da produção do pequeno agricultor.

Isso demonstra que o agricultor familiar é um ator estratégico para o dinamismo econômico do setor agrícola desse estado, uma vez que o fortalecimento da agricultura familiar pode transformar os processos produtivos agrícolas em curso, para uma produção de bases sustentáveis. Isto será possível por meio de mecanismos (formação tecnológica, assistência técnica e extensão rural, transporte, abastecimento e comercialização segura) que forneçam a esses produtores, condições para se manterem no campo produtivo dos ecossistemas de várzea e terra firme da Amazônia, colaborando diretamente com o ciclo da água.

A importância deste ciclo para a renovação e existência das espécies vivas no planeta já discutidas anteriormente está estreitamente relacionada ao serviço ecossistêmico prestado pelas florestas de grandes extensão, como é o caso da Floresta Amazônica. A proteção e manutenção da referida floresta implica em prosseguir com o equilíbrio dinâmico natural na Terra, tendo em vista que a água permeia todas as dimensões da sustentabilidade ambiental sugeridas por Sachs (2008).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A funcionalidade equilibrada geossistêmica é intrínseca ao bioma amazônico, que contribui diretamente para a formação do ciclo hidrológico, em que o vapor d'água gerado na Amazônia e transportado pelas massas de ar tem impacto decisivo sobre o clima nas demais regiões do Brasil e principalmente, sobre o ciclo de chuvas nas regiões sul e no sudeste.

Quando se fala em mudanças climáticas, logo se pensa mais na questão da temperatura do que no regime das chuvas na Amazônia, contudo o ciclo hidrológico

bem como a formação da chuva é um serviço ecossistêmico mais palpável para se discutir, com proposições para os povos que vivem na floresta.

A Amazônia apresenta um conjunto de serviços ecossistêmicos tais como: a imensa biodiversidade, geodiversidade, como também, a sociodiversidade e desmatando agridem-se todas estas dimensões e as conseqüências podem ser as mudanças no clima e nos sistemas como um todo.

Sendo assim, é importante ressaltar que o ciclo hidrológico com a contribuição do oceano Atlântico (produção de vapor d'água e favorecida pelo transporte dos ventos alísios), mais o que é produzido pelo metabolismo (evapotranspiração) da floresta amazônica, até então favorece ao clima local e às outras partes continentais na ciclicidade da água em outras bacias hidrográficas.

Por outro lado, os estudos dessas três últimas décadas (COHEN, J. C.P. et al. 2007; COELHO NETTO, A.L. e AVELAR, A.S. (2007); CORREIA, F. W. S. et. al., 2007) que acompanham o desmatamento contínuo na região para cultivo e moradia, principalmente no que é denominado de *Arco do Desmatamento*, ou seja, desde o Maranhão até Rondônia (cuja abrangência se estende por 524 municípios com uma população absoluta de aproximadamente 10.331.000/hab), demonstram em resultados de modelos simulados que se não houver um manejo na forma de ocupar o solo, esse ciclo tão regulado pela natureza será alterado de forma negativa aos seres e respectivos ecossistemas dependentes do elemento água.

Dessa maneira, os serviços ecossistêmicos como o ciclo da água, torna todos os seres dependentes em alto grau, pela utilidade vital. Muito embora com funções ecossistêmicas implícitas, no que se refere à idéia de valor, essa (água) de tamanho incalculável, gera determinados serviços que desencadeiam uma série de benefícios direta ou indiretamente apropriáveis, o que a deixa em delicada situação por ser um *bem comum* e também um *bem coletivo*.

Por essa situação, os *serviços de regulação* deverão acompanhar a capacidade que suporta dos bens ecossistêmicos. Por exemplo, a maior bacia hidrográfica do mundo que é a amazônica, com a retirada de seus ecossistemas, principalmente, das áreas sensíveis como as faixas dos diques marginais, nascentes, e declive acentuado, poderá gerar mudanças em parte do ciclo hidrológico. Nesse sentido, há necessidade de mais estudos a fim de detectar quanto esses impactos interferem, assim como, poder de fato apontar os riscos de

sustentabilidade ao ciclo hidrológico e as respectivas funções que proporciona ao clima e ao conforto térmico que oferece à sociedade humana e os outros seres dos ecossistemas que a integram.

Portanto, cabe a cada cidadão exercer a sua parte individual e a coletiva, interagindo assim com a comunidade científica, contribuindo com o poder público na formulação e execução políticas públicas eficientes e eficazes e, por fim, a sensibilização da sociedade civil na mobilização em prol da garantia de sustentabilidade ambiental local e a geoplanetária.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Nacional de Águas – ANA, **Panorama dos Recursos Hídricos por Regiões Hidrográficas - Região Hidrográfica do Rio Amazonas**. Disponível em < [http://www.ana.gov.br/mapainicial/doc Mapa/AMAZONAS.doc](http://www.ana.gov.br/mapainicial/doc%20Mapa/AMAZONAS.doc)> acesso em 27 out. 2009.

ALCAMO, J. et al.(2003). **Ecosystems and human well-being: a framework for assessment**. Washington, D.C.: Island Press. 245 p.

BECKER, Bertha K. *Geoplítica da Amazônia*. **Revista Estudos Avançados**. n. 19, v. 53, 2005.

CHIARETTI, Daniela. *Eles perseguem os 'rios voadores' que saem da Amazônia*. Observatório de Políticas Públicas Ambientais da América Latina e Caribe. Disponível em < <http://www.opalc.org.br>> Acesso em: 15 out. 2009.

CHRISTOFIDIS, Demétrios (2002). *Considerações sobre conflitos e uso sustentável em recursos hídricos*. In: THEODORO, Suzi Huff. **Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: Garamond. p. 13-28

\_\_\_\_ (2006 a). *Água na produção de alimentos: o papel da academia e da indústria no alcance do desenvolvimento sustentável*. In: NASCIMENTO, Elimar P. do; VIANNA, João Nildo de S.[orgs.]. **Economia, Meio Ambiente e Comunicação**. Rio de Janeiro: Garamond p.141-174

\_\_\_\_ (2006b). *Água e Agricultura*. In: Câmaras do Deputados. **Os múltiplos desafios da água**. Brasília: Plenarium, Ano III, n. 3.setembro. p.44-69

COELHO NETTO, A.L. (1994). *Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia*. In: GUERRA, A.J.T e CUNHA,S.B. (Org.) **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. 2. ed. São Paulo: Bertrand Brasil. p. 93-148.

\_\_\_\_ AVELAR, A.S. (2007). *O uso da terra e a dinâmica hidrológica: comportamento hidrológico e erosivo de bacias de drenagem*. In: SANTOS, R.F. (org.). **Vulnerabilidade Ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA), v. 1, p. 59-63.

COHEN, Julia Clarinda Paiva; BELTRÃO, Josivan da Cruz; GANDU, Adilson Wagner; SILVA, Renato Ramos da (2007). *Influência Do Desmatamento Sobre O Ciclo Hidrológico Na Amazônia*. **Ciência e Cultura**. v. 59 n. São Paulo, Jul/Set. p.36-38

CORREIA, Francis Wagner Silva; MANZI, Antonio Ocimar; Regina Célia dos Santos ALVALÁ (2006). *Impacto das modificações da cobertura vegetal no balanço de água na Amazônia: um estudo com modelo de circulação geral da atmosfera (MCGA)*. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.21, n.3a, 153-167.

\_\_\_\_; \_\_\_\_; CÂNDIDO Luiz Antonio; SANTOS, Rosa Maria Nascimento dos PAULIQUEVIS, Theotônio (2007). *Balanço de umidade na Amazônia e sua sensibilidade às mudanças na cobertura vegetal*. **Ciência e Cultura**. v. 59 n. São Paulo, Jul/Set. p.39-43

FEARNSIDE, P.M. (1997). *Protection of mahogany: A catalytic species in the destruction of rain forests in the American tropics*. **Environmental Conservation**. 24(4): 303-306. [ISSN: 0376-8929.]

\_\_\_\_ (2001). *Homem e Ambiente na Amazônia*. In: **IX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada sobre “Construindo a Geografia para o Século XXI”**. CE/Recife, 14-18 de novembro.

\_\_\_\_ (2003). **A floresta amazônica nas mudanças globais**. Manaus: INPA. 134 p. [ISBN 85-211-0019].

\_\_\_\_ (2004). *A água de São Paulo e a floresta amazônica*. **CIÊNCIA HOJE**. Rio de Janeiro, abril.

FISCH, Gilberto; MARENGO, José A.; NOBRE Carlos A. [s.d.]. **Clima da Amazônia**. Centro Técnico Aeroespacial - CTA/IAE-ACA/Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE. Disponível: <http://www.climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/.../fish.html>. Acessado: 22/11/2009

HESS, Sônia Corina (2002). **Educação ambiental: nós no mundo**. 2. ed. Campo Grande:UFMS.

MAKARIEVA, Anastassia. M. and GORSHKOV, Victor G.(2007). *Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land, Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 11, p. 1013-1033.

\_\_\_\_; \_\_\_\_; LI, Bai-Lian (2006). *Conservation of water cycle on land via restoration of natural closed-canopy forests: implications for regional landscape planning*. **Journal Ecological Research**. 21, n. 6.

NIMER, Edmon (1989). **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE/Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.

SALATI, Eneas (1983). *O clima atual depende da floresta. As águas da região amazônicas*. In: \_\_\_\_ et al. [org.] **Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia**. São Paulo: Brasiliense/Brasília/CNPq, p. 15-44.

\_\_\_\_; Marques, J. (1984a). *Climatology of the Amazon region*. In: SIOLI, H. (ed.). **The Amazon - Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin**. Dr. W. Junk Publishers 763 p.

\_\_\_\_\_; Vose, P. B. (1984b). *Amazon Basin: a system in equilibrium*. **Science**, 225(4658): 129 – 138.

SACHS, Ignacy (2008). **Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável**. Coleção Idéias Sustentáveis. 3. ed. Rio de Janeiro, Garamond.

SHEIL, Douglas; MURDIYARSO, Daniel (2009). *How forests attract rain: an examination of a new hypothesis*. **BioScience**, v.59, n.4, p.341-47.

SHUBART, Herbert Otto Roger (1983). *Ecologia e utilização das florestas*. In: SALATI, Eneas et al. (org.) **Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia**. São Paulo: Brasiliense/Brasília/CNPq, p. 101-143.

SANTOS, I.A. (1986). **Variabilidade da circulação de verão da alta troposfera na América do Sul**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: USP. 95 p.

SOUZA, P.F.S. **Variabilidade Espacial e Temporal das componentes atmosféricas do ciclo hidrológico da Amazônia, durante Experimento Meteorológico ABLE 2B** (1991). Dissertação de Mestrado (PI 5281 - TDI 451). INPE: São José dos Campos. 82 p.