

Valoração dos serviços ambientais prestados por Áreas de Preservação Permanente
Valuation of environmental services provided by the Permanent Preservation Areas

Roncon, Thiago J.

Resumo

Este trabalho, apoiado na Avaliação Emergética e na Avaliação Funcional dos ecossistemas, teve como objetivo estimar o valor dos serviços ambientais prestados por Áreas de Preservação Permanente, preservadas em pequenas propriedades rurais no interior do Estado de São Paulo, Brasil. Foram valorados seis Serviços Ambientais: (1) o Serviço de *fornecimento de água e nutrientes para os riachos*; (2) o Serviço de *recarga de aquíferos*; (3) o Serviço de *regulação do clima*; (4) o Serviço de *fornecimento de alimento para a fauna e flora silvestre dos ecossistemas vizinhos*; (5) o Serviço de *polinização, controle biológico, aumento da fertilidade e da produtividade do sistema*; (6) o Serviço *fixação de carbono e regulação da composição química da atmosfera*. Os valores totais dos serviços anuais, para os fragmentos de sete, 25, 75 e 200 anos respectivamente, somam **EmR\$ 3.376,13**, **EmR\$ 3.534,86**, **EmR\$ 4.015,95** e **EmR\$ 4.712,06**. As Áreas de Preservação Permanente são importantes para sustentabilidade de processos produtivos que usufruem, diretamente, dos diferentes Serviços Ambientais prestados por estas áreas e para a manutenção do bem estar das populações humanas.

Palavras-chave: Avaliação Emergética; Fragmentos florestais; serviços ecossistêmicos; Código Florestal; Políticas Públicas.

Abstract

This study apply the concept of Emergy Evaluation and Functional Assessment of Ecosystems for estimating the value of environmental services for permanent preservation areas, preserved in small farms in the State of Sao Paulo, Brazil. Six were rated Environmental Services: (1) *the service of providing water and nutrients to the streams*, (2) *the aquifer recharge*, (3) *climate regulation*, (4) *providing food for wild flora and fauna of the surrounding ecosystems*, (5) *pollination, biological control, increased fertility and productivity of the system*, (6) *carbon sequestration and regulation of the chemical composition of the atmosphere*.

Keywords: Emergy Evaluation; Forest fragments; ecosystem services; Forest Code; Public Policy.

1. Introdução

Segundo o Código Florestal (CF) de 1965, um agroecossistema deve conter, além das áreas de habitação e cultivo, áreas de preservação ambiental parcial (no caso das Áreas de Reserva Legal - ARL) e/ou integral (no caso das Áreas de Preservação Permanente - APP). Os limites destas áreas, destinadas à preservação parcial ou integral, estão definidos no CF que estabelece diferentes critérios a esse respeito (BRASIL, 2002).

O Código Florestal (1965) reconhece a importância das APPs, no cumprimento das Funções: de preservação dos recursos hídricos, da paisagem e da estabilidade geológica; da manutenção da biodiversidade, do fluxo gênico da fauna e da flora; de proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas.

DE GROOT (1992) propõe a Avaliação Funcional do Ecossistema, que possibilita identificar as características ambientais como Funções Ambientais de Regulação, Produção, Suporte e Informação. As Funções Ambientais representam a capacidade dos processos e componentes naturais do ecossistema em fornecer bens e serviços que satisfaçam, direta ou indiretamente, as necessidades humanas. Nesta pesquisa, estas Funções foram interpretadas com os fluxos de massa e energia dos processos que formam as estruturas da Floresta Tropical.

Segundo o documento publicado pelo *Parliamentary Office of Science and Technology* (POST, 2007), a conversão de áreas naturais em áreas agrícolas representa um tipo de modificação extensiva que altera os ecossistemas e reduz sua capacidade de prover uma ampla variedade de serviços ecossistêmicos.

Estes serviços são valorados através da aplicação de diferentes metodologias, mas um tema de freqüente discussão na Economia Ecológica é a necessidade de desenvolvimento de novos métodos de valoração dos recursos naturais em contraponto aos métodos empregados nas avaliações da vertente Neoclássica da Economia (PATTERSON, 2002).

A Avaliação **Emergética** (ODUM, 1996; 2000) estima todas as contribuições (moeda, massa, energia e informação) em termos de energia agregada equivalente, denominada **Emergia**, que possui unidade de medida específica o “seJ”. Para tal, faz uso da Teoria de Sistemas, da Termodinâmica, da Biologia, da Ecologia de Sistemas e dos novos princípios conceituais e metodológicos que estão sendo propostos por uma rede (site - EmergySystems.org) internacional de pesquisadores.

Este trabalho, apoiado na Avaliação **Emergética**, objetiva estimar o valor dos serviços ambientais prestados por fragmentos de Mata Atlântica preservados em pequenas propriedades rurais no interior do Estado de São Paulo, para que estes dados possam

subsidiar a formulação de Políticas Públicas e tomadas de decisão relacionadas à preservação, manutenção e a restauração das Áreas de Preservação.

2. Materiais e métodos

A valoração das APPs foi realizada na luz da Avaliação **Emergética** proposta por ODUM (1996; 2000), TILLEY (1999), COHEN (2003) e ORTEGA (2010). Para tanto, RONCON (2011) desenvolveu o Modelo LEIA 0-200 Versão 19-17-13-06 (Roncon, 2011), que é aplicado à valoração **Emergética** dos bens e serviços ambientais prestados por Florestas Tropicais, durante o processo de sucessão natural secundária.

O modelo foi construído apoiado nos conceitos da Avaliação **Emergética** (Odum, 1996), Modelagem de Sistemas (Odum e Odum, 2000), Sucessão Natural de Florestas (Odum, 1959) e Sucessão Natural de Florestas Tropicais (Puig, 2008).

A construção do Modelo considerou 55 variáveis, divididas em 19 fluxos de entrada, 17 estoques internos, 13 fluxos internos e 6 fluxos de saída; destes, 30 variáveis foram obtidas na literatura referente a florestas tropicais e 25 variáveis foram obtidas no levantamento de campo.

O levantamento de campo foi feito em duas propriedades rurais, onde foram estudados quatro fragmentos florestais (floresta estacional semidecidual), localizados em APP, remanescentes da Serra da Mantiqueira em diferentes estágios de sucessão natural secundária (sete anos com 1,23 ha, 25 anos com 2,94 ha, 75 anos com 3,53 ha em Amparo-SP e 200 anos com 64,1 ha em Itapira-SP).

As características do estágio inicial de regeneração (fragmento com 7 anos) se dá na fisionomia que varia de savânica a florestal baixa, podendo ocorrer estrato herbáceo e pequenas árvores; estratos lenhosos variando de abertos a fechados com alturas variáveis; a alturas das plantas lenhosas estão situadas geralmente entre 1,5 m e 8,0 m e o diâmetro médio dos troncos a altura do peito (DAP = 1,30 m do solo) e de até 10 cm, apresentando pequeno produto lenhoso; as epífitas, quando presentes, são pouco abundantes, representadas por musgos e líquens; trepadeiras, se presentes, podem ser herbáceas ou lenhosas; a serrapilheira, quando presente, pode ser contínua ou não, formando uma camada fina pouco decomposta; no sub-bosque podem ocorrer plantas jovens de espécies arbóreas dos estágios mais maduros; a diversidade biológica é baixa, podendo ocorrer ao redor de dez espécies arbóreas ou arbustivas dominantes (CONAMA 01, 1994).

Em estágio médio de regeneração (fragmento com 25 anos) a fisionomia florestal, apresentando árvores de vários tamanhos com presença de camadas de diferentes alturas,

sendo que cada camada apresenta-se com cobertura variando de aberta a fechada, podendo a superfície da camada superior, ser uniforme e aparecer árvores emergentes e dependendo da localização da vegetação a altura das árvores pode variar de 4 a 12m e o DAP médio pode atingir até 20 cm; as epífitas aparecem em maior número de indivíduos e espécies (líquens, musgos, hepáticas, orquídeas, bromélias, cactáceas, piperáceas, etc); as trepadeiras, quando presentes, são geralmente lenhosas e a serrapilheira pode apresentar variações de espessura de acordo com a estação do ano e de um lugar a outro; a diversidade biológica é significativa, podendo haver em alguns casos a dominância de poucas espécies, geralmente de rápido crescimento (CONAMA 01, 1994).

Já no estágio avançado (1 e 2) de regeneração (fragmento com 75 e 200 anos respectivamente) a fisionomia florestal fechada, tendendo a ocorrer distribuição contígua de copas, podendo o dossel apresentar ou não árvores emergentes; grande número de estratos, com árvores, arbustos, ervas terrícolas, trepadeiras, epífitas, etc., cuja abundância e número de espécies variam em função do clima e local; as alturas máximas ultrapassam 10 m, sendo que o DAP médio dos troncos é sempre superior a 20 cm; as epífitas estão presentes em grande número de espécies e com grande abundância; trepadeiras são geralmente lenhosas, sendo mais abundantes e mais ricas em espécies na Floresta Estacional; a serrapilheira está presente, variando em função do tempo e da localização, apresentando intensa decomposição; a diversidade biológica é muito grande devido à complexidade estrutural e ao número de espécies (CONAMA 01, 1994).

A pesquisa de campo buscou evitar os efeitos de borda sempre que possível, coletando as amostras em três parcelas de 100 m² (10 m x 10 m), selecionadas ao acaso no centro de cada fragmento.

Os dados coletados nas parcelas foram utilizados para fazer a projeção dos sistemas de estudo para um ha. A coleta de dados no campo foi pontual e relativa ao verão (12/2009 - 02/2010).

Na Avaliação **Emergética** as unidades de **Emergia** são definidas como *Joules de energia solar* (seJ). A importância dos Serviços Ambientais é representada pelo valor monetário obtido através da relação **Emergia/dinheiro** (**EmDólar/Em\$** ou **EmReais/EmR\$**), estimada para o ano de 2010 em 2,89E12 seJ para cada dólar do Produto Nacional Bruto (PNB), a partir de dados de COELHO et al. (2003) que contabiliza a proporção entre a energia investida pelo Brasil, em seJ, para gerar um dólar do PNB (RONCON, 2011). Estes valores foram convertidos para **EmReais (EmR\$)** a partir da cotação do dólar de R\$ 1,61/ US\$ 1,00 (cotação do dia 09/05/2011, segundo o Banco Central).

O uso dos fatores de transformação de energia, chamados “transformidades”, permite converter as unidades de massa (kg) e energia (J) em **Emergia** (seJ). Depois dessa operação, todos os fluxos estarão expressos na mesma unidade (seJ), o que permite somar fluxos, calcular razões e fazer o balanço entre produção e consumo nos ecossistemas. RONCON (2011) utilizou 18 transformidades mencionadas na literatura e calculou 334 novas transformidades na construção de do Modelo LEIA 0-200 Versão 19-17-13-06.

A interpretação dos fluxos e estoques de **Emergia** como Funções, Serviços e Bens Ambientais se baseou na primeira etapa da metodologia descrita por DE GROOT (1992), na qual as 37 funções do ecossistema, analisadas e interpretadas para a elaboração da Tabela 1, apresentada abaixo.

3. Resultados e discussão

As Figuras 1 e 2 representam o funcionamento e as inter-relações entre as estruturas e processos dos sistemas florestais estudados de acordo com a dinâmica dos fluxos de massa e energia da Floresta Tropical.

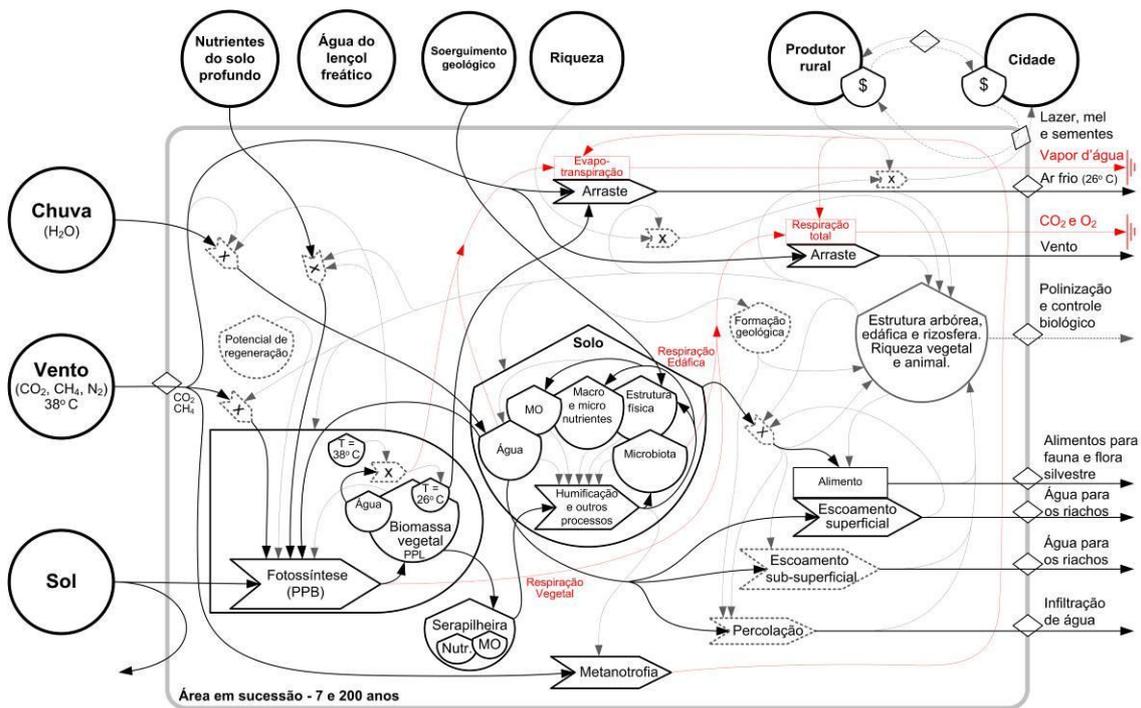


FIGURA 01. Diagrama que representa as estruturas, componentes, processos e interações nas Áreas de Preservação Permanente (APP) com 7 e 200 anos de sucessão natural secundária. Síglas e abreviações: PPB - Produtividade Primária Bruta; PPL - Produtividade Primária Líquida; x - Interação; Nutri. – Nutrientes; MO – Matéria Orgânica.

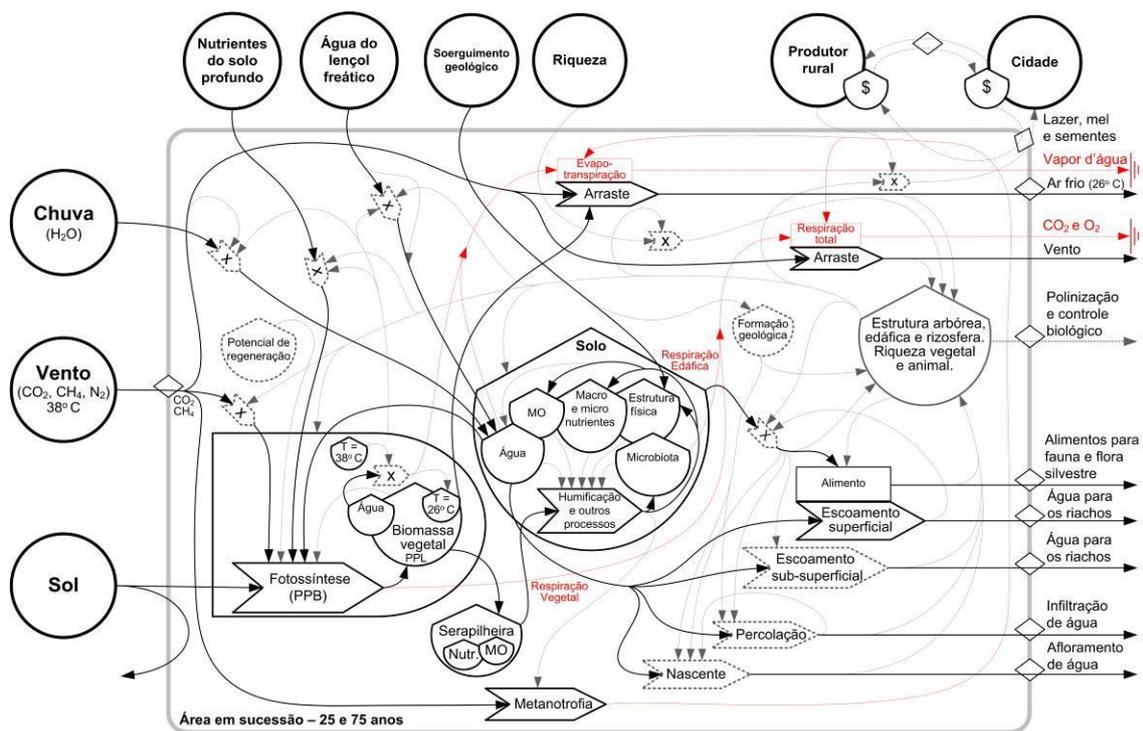


FIGURA 02. Diagrama que representa as estruturas, componentes, processos e interações nas Áreas de Preservação Permanente (APP) com 25 e 75 anos de sucessão natural secundária. Siglas e abreviações: PPB - Produtividade Primária Bruta; PPL - Produtividade Primária Líquida; x - Interação; Nutri. - Nutrientes; MO - Matéria Orgânica.

A dinâmica deste sistema pode ser interpretada (cf. descrição abaixo) como sua capacidade de realizar trabalho na geração de estoques estruturais organizados e processos ecossistêmicos que atuam dentro e fora do sistema, chamados de Bens Ambientais e Funções ou Serviços Ambientais.

A energia luminosa e térmica do sol é um dos recursos anuais que alimentam o processo de fotossíntese. A energia da chuva é quantificada pelo seu potencial químico, que se refere à capacidade da água em solubilizar e veicular nutrientes nos sistemas; já seu potencial físico, não considerado para este estudo, poderia ser quantificado pelo trabalho direto realizado pela chuva ao lavar a poeira das folhas que reduz a taxa de fotossíntese e pelo trabalho indireto ao diminuir a energia potencial da água ao cair sobre as folhas antes de atingir o solo, o que favorece o desenvolvimento da biota e a manutenção das qualidades físicas e químicas do solo.

A energia potencial do vento realiza o trabalho de movimento das massas de ar, água e nutrientes para dentro e fora do sistema e atua nos processos ecológicos de dispersão de pólen e sementes.

Os nutrientes do sub-solo entram no sistema quando absorvidos pelas raízes profundas das árvores e contribuem com o aporte e a ciclagem de nutrientes e com o desenvolvimento da biota.

Os processos geológicos atuaram e atuam em conjunto com as intempéries sobre a formação geológica que possibilita a manutenção dos fluxos de energia nos processos, entre outros, de percolação e afloramento da água.

Água da bacia hidrográfica chega ao sistema pelo lençol freático e, dependendo de sua formação geológica, pode aflorar nas nascentes e escorrer superficialmente até sair do sistema (Figura 2), formando os recursos hídricos superficiais.

A riqueza de espécies animais e vegetais, que compõe a biodiversidade dos sistemas, está relacionada à dinâmica do processo de sucessão ecológica que permite a movimentação dos organismos, dependendo dos processos ecológicos de migração e seleção natural e dos fatores limitantes do sistema. O trabalho da biodiversidade está relacionado ao aumento das entradas anuais de energia e de materiais renováveis, responsáveis pela formação, manutenção e resiliência dos ecossistemas florestais.

Os produtores da cadeia trófica que realizam o processo de fotossíntese (produtividade primária bruta - PPB) são movidos pela energia solar combinada com a água e nutrientes do solo, do sub-solo e das trocas gasosas (O_2 e CO_2), contribuindo com o aumento anual do estoque de biomassa verde (produtividade primária líquida - PPL).

A estrutura dos produtores oferece uma barreira física para os raios solares, para a força da água da chuva, para a lixiviação e para o vento; também atua na manutenção dos estoques internos, minimizando os processos erosivos.

O desenvolvimento das raízes junto com o aporte de matéria orgânica da serapilheira e biota associada modificam a estrutura física e qualidade química e biológica da rizosfera.

A matéria orgânica (MO) instável, decorrente de restos vegetais e animais depositados no solo, é decomposta no processo de humificação e ciclagem de nutrientes pela micro e macro biota que atuam na formação de MO estável.

Uma parte da chuva que atinge o solo do sistema escorre superficialmente e sub-superficialmente até chegar aos riachos e outra parte percola atingindo o lençol freático; a água percolada pode aflorar na forma de *nascente* de água, dependendo da formação geológica da área.

A água evaporada da superfície do solo em conjunto com a transpirada pela cobertura vegetal contribui para a formação das nuvens, deslocada pela energia do vento, que resfria o ambiente e contribui com a manutenção dos ciclos hidrológicos.

A respiração total indica a quantidade de dióxido de carbono liberado para a atmosfera durante o processo de respiração vegetal arrastado pela ação do vento; este processo contribui para a manutenção do ciclo do carbono.

Durante o desenvolvimento da vegetação, o solo fica sombreado e coberto pela deposição de serrapilheira, o micro-clima e a aeração emergente destes fatores favorecem o processo de metanotrofia que contribui na redução do gás metano na mitigação das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera.

Os sistemas se auto-organizam criando laços de retro-alimentação (linhas tracejadas em preto nos diagramas) e estruturas para aproveitar a energia disponível e realizar trabalho sistêmico, onde todos os produtos resultantes dos processos se convergem e formam um estoque de estruturas, organizações e processos ecossistêmicos que constituem a retro-alimentação de funções do ecossistema para o próprio sistema e região. Estas funções possibilitam a dinâmica dos processos de controle biológico, polinização, migração, recrutamento e a seleção de novas espécies.

Esta dinâmica da diversificação do sistema prove um conjunto cada vez maior de funções do ecossistema, impedindo o processo de erosão dos estoques internos. Grande parte da energia liberada nos processos é de baixa intensidade (calor) e não pode ser reaproveitada e sai do sistema como energia degradada.

Durante o estudo da dinâmica do processo de sucessão ecológica da vegetação secundária das Florestas Tropicais, pode-se identificar os quatro estágios de regeneração natural (FIGURA 03).

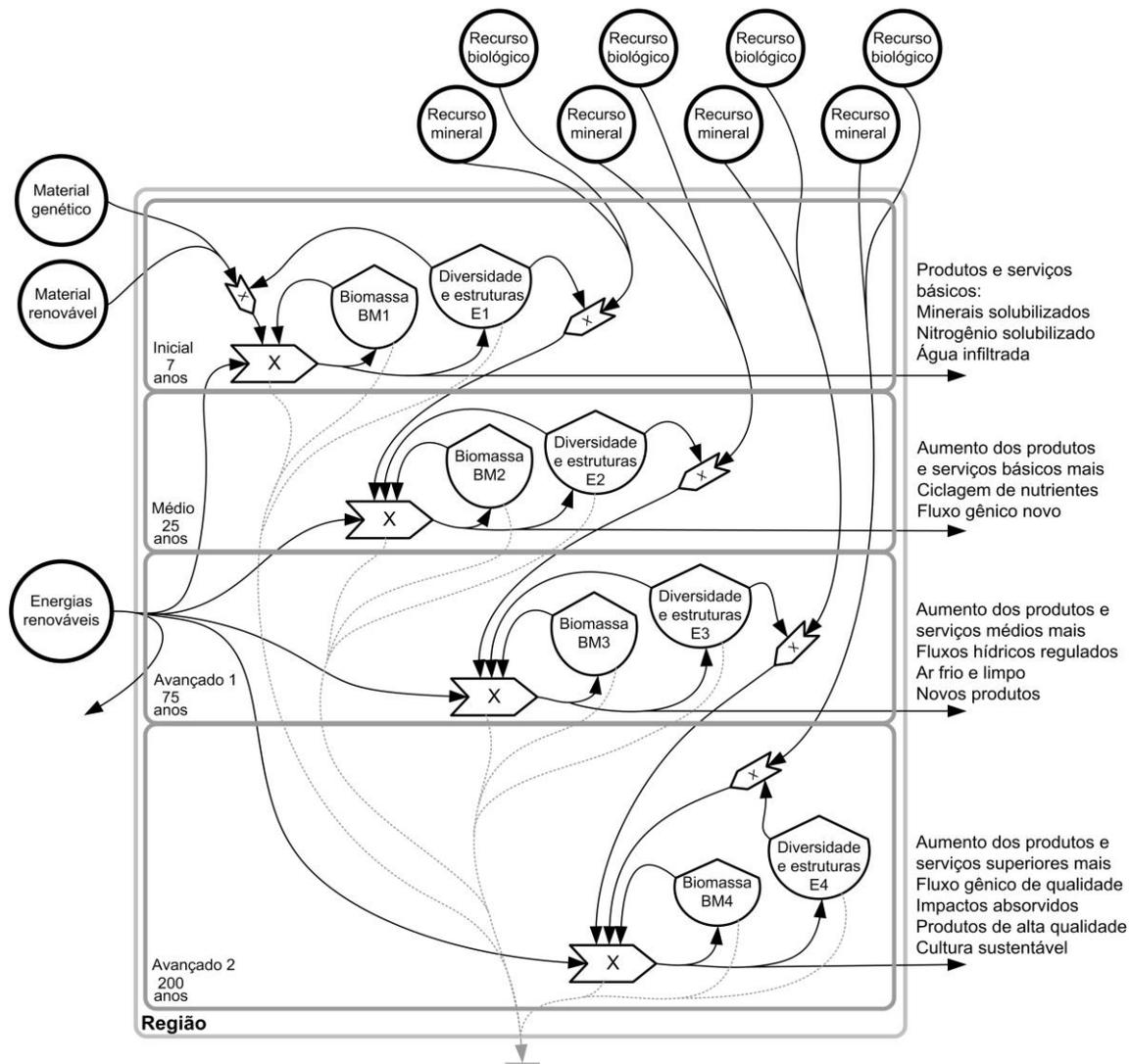


FIGURA 03. Diagrama que ilustra a dinâmica das Áreas de Preservação Permanente (APP) durante o processo de sucessão ecológica secundária e o fornecimento de bens e serviços ecossistêmicos. Síglas e abreviações: BM1 – estoque de biomassa com 7 anos; E1 – Diversidade de espécies e estruturas com 7 anos; BM2 – estoque de biomassa com 25 anos; E2 – Diversidade de espécies e estruturas com 25 anos; BM3 – estoque de biomassa com 75 anos; E3 – Diversidade de espécies e estruturas com 75 anos; BM4 – estoque de biomassa com 200 anos; E4 – Diversidade de espécies e estruturas com 200 anos; Inicial – Fragmento em estágio de regeneração inicial com 7 anos; Médio - Fragmento em estágio de regeneração médio com 25 anos; Avançado 1 - Fragmento em estágio de regeneração avançado com 75 anos; Avançado 2 - Fragmento em estágio de regeneração avançado com 200 anos.

O resultado da Avaliação **Emergética** é apresentado na TABELA 1. Esta tabela apresenta a importância econômica (**EmR\$**) das Entradas, Saídas, Estoques internos, Fluxos Internos e da Biodiversidade, que foram interpretados como Bens Ambientais, Funções e Serviços Ambientais prestados pela floresta.

Entradas (EmR\$/ha.ano)	Idade das áreas (ano)				Função ecossistêmica	Serviços ambientais
	7	25	75	200		
a PPL (CO ₂ da atmosfera)	1.289,1	1.725,8	1.602,3	168,6	Crescimento e manutenção da estrutura vegetal e da microbiota do solo; Regulação da composição química da atmosfera..	Fixação de carbono; Regulação da composição química da atmosfera.
b CH ₄ (atmosfera)	0,0	0,1	0,2	1,0		
c O ₂ (para respiração)	0,1	0,1	0,1	0,0		
d O ₂ (para metanotrofia)	0,0	0,0	0,0	0,0		
total	1.289,2	1.726,1	1.602,6	169,6		

Saídas (EmR\$/ha.ano)	Idade das áreas (ano)				Função ecossistêmica	Serviços ambientais
	7	25	75	200		
e Escoamento (Superficial)	795,5	519,4	175,4	59,6	Manutenção e regulação dos fluxos hidrológicos e energéticos nos ecossistemas.	Fornecimento de água e nutrientes para os riachos.
f Escoamento (Sub-superficial)	136,8	99,6	85,1	71,6		
g Água percolada	262,6	424,1	591,3	703,6	Manutenção e regulação dos fluxos hidrológicos.	Recarga de aquíferos.
h Afloramento de água	-	1,0	4,4	-	Afloramento de água para o ecossistema; Formação dos recursos hídricos superficiais.	Produção de água para abastecer a população humana.
i Ar frio	57,0	56,2	52,6	56,7	Manutenção dos fluxos hidrológicos e controle da temperatura do ecossistema.	Regulação do clima.
j Produto do solo	692,8	224,0	95,1	115,5	Manutenção das cadeias e teias tróficas externas ao sistema.	Fornecimento de alimento para a fauna e flora silvestre dos ecossistemas vizinhos.
total	1.944,7	1.324,3	1.003,8	1.007,0		
total dos serviços extenos	3.233,9	3.050,4	2.606,4	1.176,6		

Estoque interno (EmR\$/ha)	Idade das áreas (ano)				Função ecossistêmica	Bens ambientais
	7	25	75	200		
k Carbono fixado (árvores)	13.147,4	46.043,8	150.470,9	292.728,1	Hábitat para proteção, suporte e manutenção da vida silvestre.	Matéria prima; Estoque de energia; Estoque de carbono.
l Carbono fixado (microbiota)	2.919,2	15.481,6	63.057,4	360.211,0	Fixação, decomposição e ciclagem de nutrientes.	Decompositores.

Fluxos internos (EmR\$/ha.ano)	Idade das áreas (ano)				Função ecossistêmica	Serviços ambientais
	7	25	75	200		
m Biomassa (serapilheira seca)	1.236,7	1.348,8	2.179,2	6.795,9	Regulação e manutenção da ciclagem de nutrientes; Produção de alimento para vida silvestre; Regulação e manutenção dos fluxos hidrológicos.	Proteção e formação de solo; Controle da erosão.

Biodiversidade (EmR\$/ha.ano)	Idade das áreas (ano)				Função ecossistêmica	Serviços ambientais
	7	25	75	200		
n Diferença entre as entradas de minerais nos sistemas	142,3	484,5	1.409,6	3.535,5	Regulação e manutenção de cadeias e teias tróficas; Resiliência do sistema.	Polinização; Controle biológico; Aumento da fertilidade e produtividade do sistema.

Tabela 01. Valor das funções ecossistêmicas e dos serviços e bens ambientais de áreas de preservação permanente localizadas em pequenas propriedades rurais; os valores estão expressos em **EmR\$/ha.ano** nos itens a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, m e n; já os itens k e l estão expressos em **EmR\$/ha**.

A manutenção de Áreas de Preservação possibilita a interação entre a cidade e o produtor rural que presta serviços ambientais passíveis de comercialização, pois estes Serviços beneficiam não só o proprietário, mas também os ecossistemas vizinhos, indicados na FIGURA 1 e 2 pela forma geométrica losango.

O valor *total de serviços externos* (**EmR\$**/ha.ano) se refere à somatória das entradas e saídas do sistema (TABELA 01). A somatória dos valores varia de **EmR\$** 4.715,00, para o fragmento de sete anos, a **EmR\$** 2.313,70 para o fragmento de 200 anos; esta variação em função do tempo de sucessão natural secundária reflete a dinâmica do ecossistema natural e evidencia o cunho ecológico desta valoração.

Este resultado demonstra a inversão da prestação de serviços, pois à medida que os fragmentos diminuem a prestação de serviços externos, eles aumentam a prestação dos serviços internos (fluxos internos), que variam de **EmR\$** 1.236,70, para o fragmento de 7 anos, a **EmR\$** 6.795,90 para o fragmento de 200 anos; estes fluxos cumprem o serviço de proteção, formação de solo, controle da erosão, formação e manutenção de todos os bens da floresta (estoques internos).

Os estoques de carbono presentes na biomassa vegetal e na biomassa de microrganismos são bens ambientais que a propriedade possui, responsáveis pela manutenção da prestação de serviços. Estes valores mudam anualmente e respondem à fixação de carbono nos estoques, pelo processo de Produtividade Primária Líquida (PPL).

O aumento da biodiversidade é responsável pela prestação dos serviços anuais internos e externos à propriedade, descritos como polinização, controle biológico, aumento da fertilidade e produtividade do sistema; o valor destes serviços varia de **EmR\$** 142,30, para o fragmento de sete anos, a **EmR\$** 3.535,50, para fragmento de 200 anos.

Os produtores que possuem APPs e ARL podem ser beneficiados ainda, pela comercialização de alguns produtos, como mel e sementes, e pelo desenvolvimento de atividades educacionais e de lazer e turismo.

ORTEGA (2003) desenvolveu um estudo sobre o cultivo de soja no Brasil, que comparou diferentes modelos de produção; sem considerar as externalidades, o modelo do sistema com herbicida apresenta uma renda líquida (por hectare/ano) de R\$ 10,69 contra R\$ 290,94 no sistema ecológico; porém, estas estimativas estão muito abaixo dos valores totais dos serviços ambientais apresentados na TABELA 1.

Os valores (**EmR\$**) obtidos pela valoração **Emergética** não são reconhecidos pelo mercado e, apesar de evidenciar a importância econômica destes Serviços, apresentam o viés da relação seJ/PNB. Mas estes valores podem ser aplicados na correlação com o mercado do Crédito de Carbono que comercializa o Serviço Ambiental de *fixação de carbono*.

Na TABELA 1, o serviço de fixação de carbono representa 38,18%, 48,83%, 39,91% e 3,6% do valor total anual dos serviços prestados pelos fragmentos de sete, 25, 75 e 200 anos respectivamente; os valores totais somam **EmR\$** 3.376,13, **EmR\$** 3.534,86, **EmR\$**

4.015,95 e **EmR\$** 4.712,06.

Assim, o valor comercializado no mercado do crédito de carbono pode ser representado pela porcentagem do Serviço Ambiental apresentado no parágrafo acima. Este valor pode ser negociado com as Empresas que pagam por estes serviços, mediante uma proposta de correção dos valores pelas porcentagens dos Serviços Ambientais associados à fixação de carbono.

A seguir, apresentam-se as porcentagens que correspondem aos cinco Serviços Ambientais associados ao Serviço de fixação de carbono, para os fragmentos de sete, 25, 75 e 200 anos respectivamente; (1) o Serviço de *fornecimento de água e nutrientes para os riachos* representa 27,61%, 17,51%, 6,49% e 2,78%; (2) o Serviço de *recarga de aquíferos* representa 7,78%, 12%, 14,72% e 14,92%; (3) o Serviço de *regulação do clima* representa 1,69%, 1,59%, 1,31% e 1,2%; (4) o Serviço de *fornecimento de alimento para a fauna e flora silvestre dos ecossistemas vizinhos* representa 20,52%, 6,34%, 2,37% e 2,45%; (5) o Serviço de *polinização, controle biológico, aumento da fertilidade e da produtividade do sistema* representa 4,21%, 13,71%, 35,10% e 75,03%.

A somatória dos cinco Serviços associados corresponde a 61,82%, 51,15%, 59,99% e 96,42% do total dos Serviços Ambientais prestados pelos fragmentos de sete, 25, 75 e 200 anos respectivamente. Esta somatória foi utilizada para calcular um fator de correção, que pode ser utilizado para valorar os Serviços associados. Neste sentido, foram calculados os fatores de correção, empregado na multiplicação do valor do Serviço de fixação de carbono (crédito de carbono), em 1,62, 1,05, 1,5 e 26,78 para os fragmentos de sete, 25, 75 e 200 anos respectivamente.

A precisão do cálculo e a aplicação destes fatores de correção poderiam ser viabilizadas pela implantação de um projeto piloto de *pagamento anual por créditos de carbono e serviços ambientais associados*. Tal projeto pode ser negociado com Empresas que pagam pelo crédito de carbono, mas se dispõem a pagar um *valor adicional* pelos serviços associados. Neste projeto hipotético, o pagamento pelos Serviços prestados seria efetuado após a medição da fixação de carbono e dos serviços associados, obtidos pelo Modelo LEIA 0-200 Versão 19-17-13-06, na área do plantio; desta maneira, os fatores de correção poderiam ser calculados a partir dos valores **Emergéticos**; assim, os fatores obtidos não teriam o viés da relação seJ/PNB.

5. Conclusão

O proprietário é o maior beneficiário dos Serviços Ambientais durante a sucessão natural secundária dos fragmentos.

As Áreas de Preservação Permanente são importantes para sustentabilidade de processos produtivos que usufruem, diretamente, dos diferentes Serviços Ambientais prestados por estas áreas e para a manutenção do bem estar das populações humanas.

A avaliação emergética consiste em um método que pode ser utilizado para uma valoração, dos Bens e Serviços Ambientais, baseada no funcionamento dos ecossistemas; pois oferece o contraponto para subsidiar uma discussão no âmbito da Economia Ecológica.

Os valores apresentados podem servir para uma reflexão, dos agricultores, dos representantes e da sociedade civil, sobre importância destas áreas nos processos de tomada de decisão e formulação de Políticas Públicas sobre a importância dos projetos de restauração florestal.

O desenvolvimento de um projeto piloto, de *pagamento anual por créditos de carbono e serviços ambientais associados*, poderia viabilizar o desenvolvimento de uma nova forma de valoração e de um novo mecanismo de Pagamento por Serviços Ambientais com a aplicação de fatores de correção para se remunerar os Serviços associados a fixação de carbono.

Diante de um desafio multidisciplinar, este trabalho apresenta os resultados de um primeiro esforço neste campo de investigação; assim, aprimoramentos precisam ser feitos com o desenvolvimento de novas pesquisas neste tema.

Agradecimentos

Agradecemos ao Sr. Guaraci Diniz e ao Sr. Alúzio Franco por apoiar o estudo dos fragmentos nas propriedades, ao Laboratório de Fertilidade, Física e Microbiologia de Solos do CCA/UFSCar e ao Laboratório de Ecologia Aplicada da FEA/UNICAMP por fornecerem a infra-estrutura e o apoio científico e a CAPES por conceder a bolsa de estudos.

6. Referências

- BRASIL. Lei nº 4.771/65, de 15 de setembro de 1965, já alterada pela Lei nº 7.803 de 18 de julho de 1989, que institui o Novo Código Florestal. In: DEPRN. Setor de Legislação (Comp.) Coletânea Básica de Legislação. São Paulo, 2002.
- COELHO, O. ORTEGA, E.; E COMAR, V. Balanço de Emergia do Brasil (Dados de 1996, 1989 e 1981). In: Engenharia Ecológica e Agricultura Sustentável. Organizador: Enrique Ortega, 2003.
- COHEN, M. J. Dynamic Emergy Simulation of Soil Genesis and Techniques for Estimating Transformity Confidence Envelopes. Emergy Synthesis 2: Theory and applications of the emergy methodology. Proceedings of the 2nd biennial emergy conference – Gainesville - FL, September 2001. The Center for Environmental Policy, University of Florida, Gainesville. 2003. p. 355-369.
- CONAMA. RESOLUÇÃO nº 1, de 31 de janeiro de 1994. Publicada no DOU nº 24, de 3 de fevereiro de 1994, Seção 1, p.1684-1685.
- DE GROOT, R.S. Functions of Nature. Amsterdam, Wolters-Noordhoff, 1992. 315p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Canal Países. 2007. Online. Disponível na Internet <http://www.ibge.gov.br/paisesat/main.php>
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Canal Países. 2008. Online. Disponível na Internet <http://www.ibge.gov.br/paisesat/main.php>
- ODUM, H.T. Emergy Accounting. Environmental Engineering Sciences. University of Florida, Gainesville, Florida, USA. April 2000.
- ODUM, H.T. Environmental accounting, emergy and decision making. New York: John Wiley & Sons. 1996. p. 370.
- ORTEGA, E. New emergy indices for a prosperous way down. Sixth Biennial Emergy Research Conference. January 14 - January 16, University of Florida, Gainesville, Florida, 2010.
- ORTEGA, E. A soja no Brasil: modelos de produção, custos, lucros, externalidades, sustentabilidade e políticas públicas. FEA/LEIA, Unicamp. 2003. Online. Disponível na Internet www.unicamp.br/fea/ortega/soja/Resumo-SojaBrasil-Ortega2003.pdf
- PATTERSON, M.G. Ecological production based pricing of biosphere process. Ecological Economics. V.41, 2002. p. 457-478.
- POST – Parliamentary Office of Science and Technology. Ecosystem Services. Post Note, nº 281. Online. Disponível na Internet <http://www.parliament.uk/documents/upload/postpn281.pdf>

PUIG, H. A floresta tropical úmida. São Paulo: UNESP, 2008.

RONCON, Thiago J. Valoração Ecológica de Áreas de Preservação Permanente. Relatório de Pesquisa de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal de São Carlos - Centro de Ciências Agrárias, Araras-SP, 2011.

TILLEY, D.R. Emergy Basis of Forest Systems. PhD Dissertation. University of Florida, 1999. p. 310.