

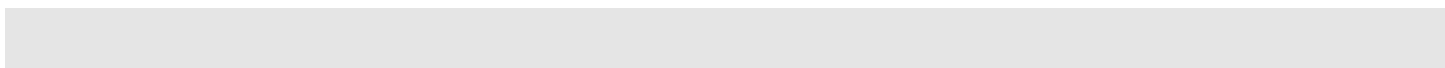
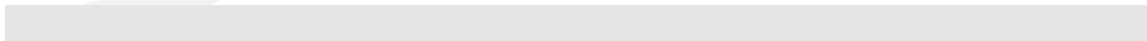


Ministério da Ciência e Tecnologia

Rede Temática de Pesquisa em Modelagem
Ambiental da Amazônia.(GEOMA)



Projeto Científico e Institucional
Versão #10 (25/Agosto/2002)



Introdução: Os Desafios da Sustentabilidade

Neste início de milênio, o Brasil enfrenta grandes desafios para administrar seus sistemas ecológicos, econômicos e sociais. Uma vasta gama de problemas, que vão desde o impacto ambiental da nova infra-estrutura rodoviária na Amazônia até o impacto dos problemas ambientais na qualidade de vida de concentrações urbanas, irá requerer melhorias significativas na capacidade nacional para modelar e simular cenários de política pública com dimensões espaciais e temporais explícitas. Devido às proporções continentais do território brasileiro, sua diversidade geográfica, e suas disparidades socioeconômicas, a análise do processo de desenvolvimento do país não é feita de forma integrada e sistêmica. Até o presente, pouco se conseguiu realizar em termos de avaliações integradas que combinem fatores econômicos, ecológicos, demográficos e climáticos. Deste modo, o processo de implementação de políticas públicas no Brasil ainda está baseado em abordagens estritamente disciplinares, nas quais cada setor do Governo adota decisões com percepção restrita de seu impacto.

Após a conferência RIO 92, numa tentativa de estabelecer um processo de decisão gerencial integrada, o governo brasileiro prometeu adotar os princípios do *desenvolvimento sustentável*. Contudo, como este conceito ainda não tem uma formulação científica sólida, as conseqüências práticas desta decisão ainda são limitadas. Deste modo, muito esforço de pesquisa será necessário para transformar boas intenções em hipóteses testáveis e verificáveis. Em recente encontro realizado em Friibergh, Suécia, em outubro de 2000, um conjunto de cientistas, reconhecendo a complexidade do problema, propôs a criação da "Ciência da Sustentabilidade". A presente proposta é fundamentada nessa idéia, para estudar, desenvolver, comparar, integrar e diferenciar os múltiplos aspectos do conceito de sustentabilidade em diferentes condições sócio-ambientais. Conforme declarado no relatório de Friibergh:

"O que é necessário agora é uma melhor compreensão das complexas interações dinâmicas entre sociedade e natureza de forma que o alarmante caminho que leva a uma crescente vulnerabilidade seja revertido. Isso irá requerer importantes avanços na nossa habilidade em analisar e prever o comportamento de sistemas auto-organizados, caracterizar os impactos irreversíveis, interpretar múltiplas escalas de organização espacial e avaliar a função de vários atores sociais com expectativas divergentes. A experiência contemporânea aponta para a necessidade de direcionar essas questões para esforços científicos integrados com foco nas características sociais e ecológicas de regiões e lugares específicos".

A interação entre aspectos naturais e sociais do desenvolvimento humano vem tendo especial atenção nesta última década por parte da comunidade científica resultando no desenvolvimento de modelos e programas que tem por objetivo integrar estes aspectos. Particularmente, ressaltamos o *MIT Integrated Global System Model (IGSM)* para o estudo de mudanças do meio ambiente e econômica (Prinn et al., 1999) e o *LUC (Land Use and Land Cover Change)*. Este último como resultado de uma iniciativa do *International Geosphere and Biosphere Program (IGBP)* (Turner, Skole et al. 1995). Baseados nas recomendações do já mencionado workshop de Friibergh em "Ciência de Sustentabilidade", consideramos que as questões importantes a serem respondidas pela rede são:

1. *Como as interações dinâmicas entre natureza e sociedade podem ser melhor incorporadas nos recentes modelos e conceitos que integrem o meio natural, o desenvolvimento humano e a sustentabilidade?*
2. *Como as tendências, de longo prazo, de ambiente e desenvolvimento, incluindo consumo e população, remodelam as interações sociedade-natureza de formas relevantes para a sustentabilidade?*
3. *O que determina vulnerabilidade/elasticidade das interações natureza-sociedade para determinados lugares e tipos de ecossistemas e ambientes humanos?*
4. *É possível estabelecer, cientificamente, limites além dos quais os sistemas natureza-sociedade podem incorrer num risco significativo de séria degradação?*
5. *Como atividades relativamente independentes de pesquisa, planejamento, monitoramento, e de apoio à decisão podem ser integradas em sistemas adaptáveis de gestão e aprendizagem?*

Com base nestas grandes questões científicas, os proponentes consideram que modelos quantitativos de desenvolvimento são necessários para que o Brasil efetivamente adote os conceitos de sustentabilidade em suas políticas públicas. Estes modelos auxiliam a: (1) explicitar hipóteses; (2) avaliar as conseqüências das diferentes opções de ação pública; (3) encorajar a produção de indicadores quantitativos que possam ser utilizados pelo governo e pela sociedade.

Além das vantagens dos modelos quantitativos, é fundamental destacar a centralidade da noção do espaço geográfico como suporte às considerações sobre sustentabilidade. Ao contrário de outros fatores de produção (como capital e trabalho), os recursos naturais são inflexíveis em termos de localização. A floresta Amazônica está onde ela está; os recursos hídricos para nossas cidades não podem ser transportados. O dilema colocado pelo desenvolvimento sustentável é que não podemos mais tratar estes fatores como substituíveis, e mover pessoas e capital para novas áreas quando os recursos naturais tornam-se escassos ou exauridos: não há novas fronteiras num mundo globalizado.

Para enfrentar esses desafios, baseados nos novos níveis de competência científica, um grupo de instituições brasileiras com liderança em pesquisa e desenvolvimento propõe a ***Rede Temática de Pesquisa em Modelagem da Amazônia***. O objetivo desta Rede é desenvolver modelos computacionais capazes de prever a dinâmica dos sistemas ecológicos e sócio-econômicos em diferentes escalas geográficas, dentro do conceito de sustentabilidade; auxiliar a tomada de decisão nos níveis local, regional e nacional, ao fornecer ferramentas de simulação e modelagem; contribuir na formação de recursos humanos nos níveis de mestrado e doutorado. Para desenvolver novas abordagens ao conceito de sustentabilidade, que levem a modelos computacionais, a Rede será baseada em uma forte perspectiva interdisciplinar, com um time de investigadores com experiência em modelagem matemática/computacional, economia, informação geográfica, sensoriamento remoto, ecologia, demografia, meteorologia, geografia, computação, entre outras.

Os problemas interdisciplinares, que constituem as áreas centrais de pesquisa da Rede, serão desenvolvidos em áreas temáticas, sendo que cada uma apresenta um desafio específico para a materialização de idéias de sustentabilidade. A escolha das áreas de

trabalho específicas é baseada nos aspectos significantes da política pública brasileira para a região Amazônica e na experiência dos proponentes.

Objetivo Geral

O principal objetivo da Rede é desenvolver modelos para avaliar e prever cenários de sustentabilidade sob diferentes tipos de atividades humanas e cenários de políticas públicas. O requerimento básico para estes modelos é a capacidade de integração dos cenários socioeconômicos, ambientais, demográficos e climáticos. A Rede incorporará muito dos trabalhos recentes em modelagem e definições de sustentabilidade e cada um dos seus produtos será baseado em forte abordagem interdisciplinar.

Nos seus quatro primeiros anos, a Rede enfocará na região **Amazônica**, com os seguintes macro-objetivos:

- a) Analisar relações entre mudanças do uso da terra e os sistemas de produção na Amazônia, considerando, em particular, as relações entre a produção agropecuária, a estrutura agrária e fundiária e as condições de vida dos diferentes grupos de produtores.
- b) Desenvolver modelos para subsidiar a escolha de áreas para conservação da biodiversidade na Amazônia.
- c) Desenvolver, testar e integrar modelos de ecossistemas inundáveis amazônicos.
- d) Investigar e modelar a dinâmica demográfica da Amazônia, em particular a componente mobilidade sócio-espacial da população.
- e) Avaliar e quantificar dos impactos de dinâmica de uso do solo na Amazônia sobre as bacias hidrográficas da região.
- f) Realizar estudos de economia regional, com modelos de logística e de crescimento regional.
- g) Construir um sistema de informação para os dados sócio-ambientais dos projetos da rede, com um ambiente de simulação dinâmico na Internet.
- h) Desenvolver modelos integrados em escalas múltiplas que incorporem diferentes dimensões da sustentabilidade na Amazônia (dinâmica populacional, biodiversidade, mudanças de uso da terra, condicionantes climáticos e hidrológicos).

A escolha destas áreas de pesquisa está principalmente justificada pela necessidade de melhorar nossa compreensão dos ecossistemas e da ocupação humana, que poderiam ajudar na formulação de políticas públicas assim como reduzir e mitigar os efeitos de mudanças rápidas que acontecem na Amazônia, referentes as populações, ciclos naturais e biodiversidade.

Modelo de Gestão e Formas de Interação da Rede

Para atingir as metas da Rede, concordaram em unir esforços de acordo com suas respectivas competências, os institutos: INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, IDSM – Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, MPEG – Museu Paraense Emílio Goeldi, LNCC – Laboratório Nacional de Computação Científica, CBPF – Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas e IMPA – Instituto de Matemática Pura e Aplicada.

O modelo de gestão a ser adotado pela Rede Temática consta de um *Comitê Diretor*, um *Comitê Científico* e de *Secretaria Local*. O Comitê Diretor será indicado pelo MCT. A missão do Comitê Diretor é: (a) Estabelecer os mecanismos de dotação orçamentária da Rede; (b) Definir a estratégia de implementação dos projetos da rede; (c) Estabelecer os macro-objetivos a serem alcançados pelos projetos da Rede; (d) Definir a política de formação de recursos humanos.

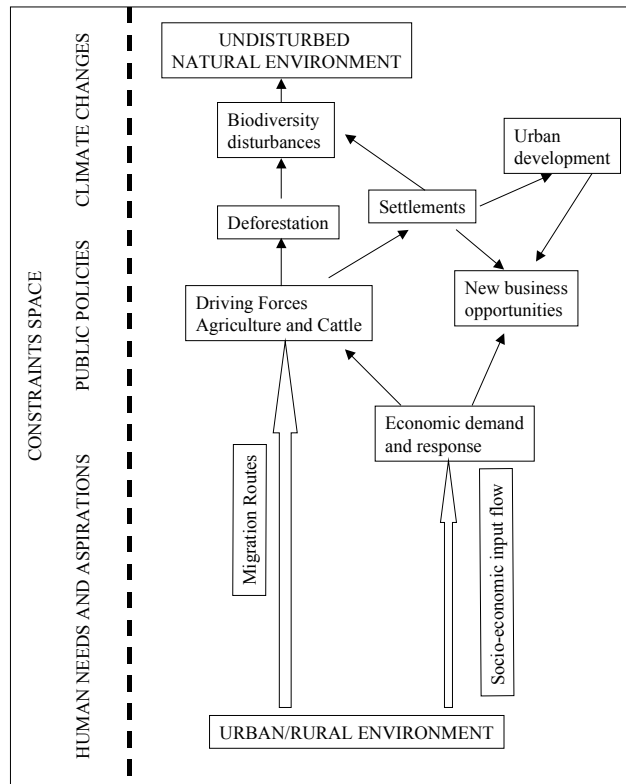
O *Comitê Científico* será constituído por pesquisadores seniores ligados aos projetos da Rede, indicados pelo Comitê Diretor. Cabe ao Comitê Científico: (a) Definir a agenda científica da Rede; (b) Estabelecer parcerias com instituições e pesquisadores de outros institutos do MCT e da comunidade científica brasileira, para participação nos projetos da Rede Temática; (c) Monitorar o andamento dos projetos da Rede; (d) Promover a integração entre os projetos da rede; (e) Definir a implementação da política de recursos humanos aprovada pelo Comitê Diretor; (f) Definir a forma de integração entre os programas de pós-graduação associados à Rede; (g) Orientar os resultados da rede na direção de apoio a políticas públicas.

Para implementar a Rede Temática, cada instituição participante deverá estabelecer uma *Secretaria Local* que irá atuar como seu ponto focal da Rede. A estrutura institucional de cada secretaria local respeitará as especificidades de cada instituição, mas deverá contar com uma infra-estrutura comum. No mínimo, a secretaria local será composta de um pesquisador sênior, com uma secretária de apoio e com infra-estrutura laboratorial alocada aos projetos da Rede.

A seguinte estratégia geral será adotada para as atividades de pesquisa:

1. Enquanto prosseguem os atuais projetos de pesquisa em cada área temática da Rede, os novos conceitos de sustentabilidade (dimensão humana e restrições ecológicas; interações e restrições de políticas públicas; vulnerabilidade e resistência; gerenciamento adaptativo) e técnicas de modelagem (modelos estocásticos; algoritmos de autômato celular; distribuição espacial e dinâmica populacional conduzindo a equações do tipo difusão-reação; análise de risco e sensibilidade; análise de incerteza) serão incorporadas nos modelos de acordo com as necessidades imediatas e possibilidades concretas. O intercâmbio de ferramentas computacionais entre os participantes, permitirá a melhoria dos modelos atuais com um mínimo de perturbação e baixo custo.
2. Pesquisadores das instituições participantes se juntarão para desenvolver tentativamente um novo modelo integrado baseado nos novos conceitos de sustentabilidade. Isto será uma experiência pioneira no Brasil, juntando cientistas sociais e naturais em um esforço comum para implementar uma ferramenta voltada para incentivar procedimentos de tomada de decisão e previsão de cenários. O diagrama abaixo mostra as conexões entre algumas atividades e fluxos chaves para a região Amazônica com as conseqüências mais importantes como desmatamento,

assentamentos, perda de biodiversidade e de ecossistemas, degradação ambiental, interações de natureza socioeconômica, necessidades e anseios humanos e de sociedade, entre outros.



3. Sem um sistema de dados acessível a todos os participantes para elaboração e validação será impossível atingir a meta da Rede. O LNCC e INPE irão assumir a tarefa de organização dos bancos de dados, desenvolvendo ferramentas para a comunicação eletrônica e tratamento de dados, definindo regras e protocolos para os usuários.

Formação de Recursos Humanos

Educação e treinamento são atividades inseparáveis de um programa consistente de pesquisa. O LNCC tem implementado um programa de doutorado em Modelagem Computacional desde Março de 2000, no qual uma das principais linhas é modelagem de ecossistemas. A Rede pretende usar esta circunstância para difundir esta iniciativa para outros institutos, para estabelecer acordos de cooperação para intercâmbio de professores e estudantes, promover cursos de verão, preparar textos escritos e eletrônicos, implementar educação à distância e educar jovens alunos em nível de doutorado em centros e universidades emergentes. Haverá um subgrupo na organização da Rede responsável por esta atividade.

Uma das principais metas da Rede Temática será a formação de cientistas na região Amazônica para se estabelecerem nos centros de pesquisa da própria região. Para tanto, a rede deverá dispor de uma linha de financiamento específica para garantir a formação e a fixação dos pesquisadores para a região. Para melhor atingir a meta de formação de recursos humanos e concretizar as metas científicas da Rede Temática, pretende-se também propiciar o fortalecimento dos cursos de pós-graduação já existentes em Instituições da região, cujas linhas de atividade contribuam para os estudos em pauta na presente proposta (p. ex. Cursos de Botânica), por meio da concessão de bolsas e financiamento de projetos de Mestrado e Doutorado.

Macro-Cronograma

Principais Metas por Área Científica

	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
Modelagem de Uso da Terra	1. Analisar processo de desflorestamento 2. Analisar estrutura sócio-econômica	1. Relacionar processos de desflorestamento e socioeconômicos 2. Desenvolver modelos diagnósticos e prognósticos de desflorestamento.	1. Produzir cenários do processo de ocupação	1. Validar cenários do processo de ocupação
Dinâmica de População	1. Produzir do banco de dados sócio-demográfico 2. Identificar tendências de migração e mobilidade	1. Avaliar lacunas de dados e organizar novos dados 2. Desenvolver e adaptar modelos numéricos	1. Validar modelos de dinâmica populacional	1. Produzir cenários de dinâmica populacional
	1) Sistematização de dados e construção de rede de dados de saúde, sócio-demográfica e ambiental 2) Estudos especiais: a) Em agravos de saúde relacionados às transformações ambientais; b) Em processos de gestão e regulação	1) Modelagem da distribuição espacial dos agravos 2) Momentos de síntese analítica: a) Caracterização de espaços críticos de emergência sanitário-ambiental b) Caracterização de espaços sentinelas para monitoramento de situações de saúde e ambiente	1) Implementação de modelos lógicos de programas de gestão e controle de situações de ambiente e saúde. 2) Momentos de síntese analítica: a) Estudos especiais de avaliação dos programas de gestão e controle de espaços críticos e sentinelas	1) Modelagem de cenários de espaços críticos, e de espaços sentinela. 2) Momentos de síntese analítica: a) Validação dos cenários desenvolvidos b) Divulgação da metodologia e dos cenários desenvolvidos.
Modelos Hidrológicos	1. Instrumentação e coleta de dados 2. Desenvolver e adaptar modelos numéricos	1. Instrumentação e coleta de dados 2. Desenvolver modelos hidrológicos	1. Coleta de dados 2. Validar modelos hidrológicos	1. Coleta de dados 2. Produzir cenários
Modelagem da Biodiversidade	1. Sistematização e diagnóstico da informação sobre a biodiversidade e complementaridade 2. Estudos de casos sobre: a) habitat de espécies endêmicas. b) impacto humano sobre diversidade biológica.	1. Modelagem da distribuição espacial da biodiversidade e complementaridade. 2. Diagnóstico do atual Sistema de Unidades de Conservação da Região Amazônica 3. Continuidade dos estudos de casos	1. Uso de modelagem para seleção de áreas para unidades de conservação. 2. Proposta de um Sistema de Unidades de Conservação para a Amazônia.	1. Definição de modelos para a implementação e gestão de unidades de conservação. 2. Avaliação do Sistema de Unidades de Conservação proposto frente aos cenários de ocupação previstos.

Modelagem de Ecossistemas inundáveis	1. Produzir banco de dados de biodiversidade e biogeoquímico. 2. Montar mosaico mapeado digital da planície de inundação	1. Coleta e análise de dados	1. Coleta e análise de dados 2. Definir modelos descritivos e espaciais	1. Coleta e análise de dados 2. Produzir cenários de uso
Modelos Integrados	1. Conceitos e testes de sustent. e MIME. 2. Ferramentas matem. e comput. P/modelos, banco de dados e visual.	1. Elaboração de modelos mat/comp. espec. 2. Ferramentas matem. e comput. P/modelos, banco de dados e visual	1. Código comp. de mod. Integr. e cenário. 2. Teste dos banco de dados e visualização	1. Consolid. plataformas comp.p/ MIME para banco de dados, visual. e simuladores comput.

1. Modelagem de Mudanças de Uso e Cobertura da Terra

Agenda Científica

A dinâmica das mudanças no uso da terra na Amazônia

O monitoramento das áreas de florestas da Amazônia Legal realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) revela taxas de desflorestamento variando entre 1 e 3×10^6 ha ano⁻¹ no período 1991-1999 e a perda de cerca de 6×10^7 ha (mais de meio milhão de Km²) de florestas até 2000 (INPE 2001, Alves 2001). O desflorestamento na região causa diversos danos ambientais como perda de biodiversidade (Capobianco *et al.* 2001) e aumento de gases do efeito estufa na atmosfera (Schimel *et al.* 1995). Resultado do processo de ocupação da Amazônia a partir da segunda metade do século XX, o desflorestamento é associado à expansão da fronteira agrícola e ao estabelecimento de sistemas de circulação rodoviária e pólos de desenvolvimento (Becker 1997, Machado 1998). Aos danos ambientais causados pelo desflorestamento, sobrepõem-se graves problemas sociais como a concentração fundiária, a baixa fixação de agricultores no campo, a urbanização precária e conflitos sociais acompanhados de maior ou menor grau de violência (Almeida e Campari 1995, Becker 1997, Becker 2001, Fearnside 1993, Machado 1998).

A expansão da fronteira agrícola e o desflorestamento na Amazônia Legal ocorrem no contexto da reorganização da agricultura brasileira em seguida à industrialização acelerada a partir da década de 50 e, mais recentemente, com tentativas de adaptação do Brasil à globalização da economia (de Souza e Busch 1998, Machado 1998, Becker 1998). Nesse contexto, diversos fatores podem contribuir para taxas elevadas de desflorestamento, entre os quais a disponibilidade de capitais públicos e privados, a dinâmica populacional, a organização dos sistemas de produção e condições físicas variadas (Almeida e Campari 1995, Machado 1998, Pfaff 1999, Rudel 1989). Todos esses fatores apresentam diferenças importantes entre regiões e envolvem grupos sociais e redes de produção de naturezas muito diversas que não são bem estudados, sendo necessário necessitam que sejam reconhecidas especificidades regionais, sociais e econômicas para a formulação de políticas públicas adequadas (Alves 2001, Becker 2001).

Modelos de mudanças de uso e cobertura do solo na Amazônia

A formulação de políticas públicas necessita análises integradas do processo de mudanças de uso e cobertura da terra, considerando a diversidade de situações regionais, de grupos sociais, de redes de produção e de impactos na região. O desenvolvimento de modelos de mudanças de uso e cobertura do solo (LUCC – *land use and land cover change*) tem recebido ênfase substancial por parte da pesquisa nos últimos anos. Estes modelos tem o objetivo de responder uma ou mais das questões abaixo:

- Explicar o **porquê** de mudanças passadas, através da identificação dos principais causas/fatores determinantes da mudança (“drivers”);
- Prever **quais, quanto, onde e/ou quando** mudanças deverão ocorrer (não necessariamente todas as questões respondidas pelo mesmo modelo);
- Analisar **como** determinadas políticas públicas poderão influenciar mudanças, através da análise de **cenários**, sendo este objetivo complementar ao anterior.

De acordo com as suas características, os modelos podem ser **categorizados** de acordo com: (a) escala; (b) tratamento dado às causas das mudanças; (c) tipo de mudança analisado; (d) tipo de formulação matemática, (e) proveniente de domínios específicos ou integrados; (f) tratamento dado à dimensão temporal. Estas categorias são detalhadas abaixo:

- Escala local, regional ou global:** a literatura (por exemplo, Kaimowitz e Angelsen 1998) distingue entre os termos *local* (unidade mínima de análise é a propriedade rural ou empresa), *regional* (unidade mínima de análise são regiões, correspondendo a células regulares ou irregulares, municípios ou outra divisão territorial), e *global* (modelos macro que analisam todo o globo e/ou cujas unidades de análise são países). Dependendo da escala, diferentes variáveis endógenas e exógenas são consideradas.
- Tratamento dado às causas das mudanças,** que deveriam, idealmente, ser separadas em três níveis: **fontes de mudanças** (variáveis relacionadas às possíveis decisões dos agentes, por exemplo, decisões gerenciais, alocação da terra, alocação de capital, etc.), **causas imediatas** (variáveis associadas aos parâmetros de decisão e características dos agentes, por exemplo, acessibilidade, preços dos produtos localmente, riscos, fatores ambientais, tecnologias disponíveis) e **causas subjacentes** (“underlying”, como políticas governamentais, preços dos mercados globais, tendências macroeconômicas, tecnologia).
- Tipo de mudança analisado,** isto é, mudanças de uso em áreas urbanas, mudanças entre culturas agrícolas, processo de desflorestamento, desertificação, etc. O tipo de mudança analisada influencia a escala de estudo, as transições e as variáveis endógenas e exógenas a serem consideradas.
- Formulação matemática.** Esta categorização é subdividida de acordo os objetivos dos modelos:
 - **Para fins de diagnóstico,** são normalmente utilizados modelos de dois tipos: **analíticos** (equações algébricas que traduzem teorias formalmente, permitindo que cientistas testem as implicações de suas suposições) ou **empíricos** (normalmente baseados em técnicas estatísticas de regressão linear, associando dados sobre mudanças a variáveis causais, de forma espacializada ou não). Nesta última categoria, destacam-se os modelos econométricos, que consistem da aplicação de técnicas de regressão múltipla à análise de problemas envolvendo demanda/oferta, para os quais um conjunto de técnicas especializadas foram desenvolvidas.
 - **Para fins de previsão,** os modelos podem ser classificados em **modelos de processo** (determinísticos) ou **estocásticos**. Entre os modelos preditivos, destacam-

se os modelos de **simulação espaço-temporal**, baseados, por exemplo, em cadeias de Markov (estocásticos, baseados em probabilidades de transição), autômatos celulares (cujas regras de transição podem ser estocásticas, determinísticos ou mistas) ou outras técnicas. Cabe ressaltar dois aspectos importantes em relação a modelos preditivos: (a) a previsão (“qual”, “onde”, “quando”, “quanto”) só pode ser realizada depois da questão “porque” ter sido respondida; alguns modelos de simulação são acoplados a modelos estatísticos especializados que visam identificar os fatores explanatórios, normalmente com base em regressão linear (e.g., CLUE); (b) modelos de simulação que extrapolam condições atuais, com base em análises estatísticas, só são válidos para previsões de curto e médio prazo (e.g., 5 a 10 anos), pois mudanças em condições políticas, institucionais ou econômicas podem causar rápidas mudanças nas taxas e direção de mudança.

- e) **Integrados ou provenientes de domínios específicos.** Historicamente, modelos de mudança de uso e cobertura do solo foram propostos em diferentes disciplinas com pouca integração. Por exemplo, modelos de uso do solo foram inicialmente propostos em geografia, economia regional e urbana, visando a aplicações em planejamento. Outros exemplos são modelos explanatórios econométricos para desflorestamento. Por outro lado, em disciplinas como ecologia da paisagem, ecologia, ciência florestal e ambiental, também foram desenvolvidos modelos, enfocando principalmente os aspectos biofísicos, dando pouca ênfase (ou mesmo ignorando) aos determinantes sócio-econômicos, institucionais, políticos, etc. A tendência atual são modelos integrados, que englobem as diversas disciplinas, combinando estes diversos aspectos. Modelos integrados são, normalmente, constituídos de diversos subsistemas (e.g., econômico, ambiental, alocação), que atuam em diferentes escalas, nas quais atuam as diferentes variáveis causais.
- f) **Tratamento do tempo:** finalmente, os modelos podem ser caracterizados em relação à sua capacidade de lidar com a heterogeneidade espaço-temporal, variando de modelos completamente **estáticos**, isto é, nos quais as condições iniciais são mantidas (e.g., modelos de Markov puros, nas quais as probabilidades de transição não são alteradas durante a simulação) com gradação até modelos **dinâmicos**, nos quais as variáveis e condições podem ser alteradas de acordo com sua própria temporalidade (por exemplo, por “triggers” para atualização de cada variável ou pela agregação de modelos com dimensões temporais distintas).

Com base no estado da arte, pode ser identificada uma tendência geral no sentido da **realização de estudos multiescala, e da elaboração de modelos especializados, integrados e dinâmicos**, que forneçam, em conjunto com estudos de diagnóstico, o arcabouço necessário para o entendimento dos processos de mudanças, das suas causas nas diversas escalas, assim como a realização de previsões consistentes de curto (e.g., 1 a 2 anos), médio (e.g., 10 a 15 anos) ou longo prazo (e.g., 50 anos). Tais modelos devem, entre outros requisitos, incorporar o processo de decisão dos agentes envolvidos nas mudanças; tratar adequadamente as relações causais dentro e entre as diversas escalas; possibilitar o “feedback” entre os diversos subsistemas (e.g., ambiental, econômico, populacional e uso do solo); tratar adequadamente a questão da dinâmica temporal dos diferentes fatores/subsistemas envolvidos; lidar com mudanças tecnológicas; e incorporar o papel de políticas, tratados ou outros eventos que possam alterar rapidamente o rumo das mudanças.

Exemplos de modelos

Dentre os exemplos¹ de modelos de mudança de uso e cobertura da terra, pode-se citar:

- **Modelos empíricos diagnósticos**, desenvolvidos para explicar as causas do desflorestamento na Amazônia brasileira: (a) os modelos econométricos de Eustáquio Reis do IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), publicados em Reis e Margullis (1991), Reis e Guzmán, (1994) (citados por Kaimowitz (1999)) utilizando dados de municípios, incluindo dados de desflorestamento obtidos de imagens de satélite; (b) o modelo econômico, desenvolvido por Pfaff (1999), que estima os determinantes do desmatamento na Amazônia brasileira utilizando os dados municipais previamente utilizados por Reis, integrados a informações sobre desflorestamento obtidos de imagens de satélite; (c) recentemente, Caldas (2001) desenvolveu um modelo econométrico para o entendimento das forças microeconômicas determinantes no processo de decisão dos produtores em áreas de colonização, ao longo da rodovia Transamazônica, com base em dados espacializados dos lotes, dados sócio-econômicos primários e imagens de Sensoriamento Remoto;
- **Modelos de simulação**: (a) **DELTA** ("Dynamic Ecological-Land Tenure Analysis"), que integra modelos sócio-econômicos e ecológicos, sendo constituído de três submodelos ligados que simulam respectivamente, a difusão da colonização, a mudança do uso da terra e a liberação de carbono. O modelo foi aplicado recentemente a áreas colonização em Rondônia, com base em levantamentos de campo, imagens de Sensoriamento Remoto, dados do cadastro fundiário, vegetação, adequação, rede viária, etc. (Frohn et alii, 1996); (b) **DINÂMICA**, um modelo de simulação baseado em um autômato celular modificado no qual as regras de transição são estocásticas, desenvolvido pelo Centro de Sensoriamento Remoto da UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais). O modelo foi aplicado por Soares (1998) a uma área de colonização recente no Mato Grosso, para estudar os padrões espaciais gerados pela dinâmica da paisagem.

Para finalizar esta seção, são apresentados como exemplos dois **arcabouços de modelagem** existentes atualmente, cujas características estão na direção das tendências apontadas na seção anterior:

- **CLUE (Conversion of Land Use and its Effects)**, sendo desenvolvido na Wageningen Agricultural University, Holanda, é um modelo espacializado, integrado, multiescala, dinâmico, permitindo realimentação entre os vários subsistemas. A modelagem é realizada em duas etapas: inicialmente, um modelo de regressão linear é aplicado a dados passados e atuais, para determinar quais os fatores biofísicos e sócio-econômicos determinam as mudanças; numa segunda etapa, os resultados desta análise são utilizados para explorar possíveis futuros dentro de um arcabouço espacializado, usando cenários de futuros desenvolvimentos sócio-econômicos. Isto é realizado através de diferentes módulos: um módulo calcula a demanda e outro a capacidade de produção para cada tipo de uso em cada célula. A demanda é então alocada às diversas células por um terceiro módulo, de acordo com a capacidade de produção calculada para cada célula, usando um

¹ Vários outros modelos são citados em Kaimowitz e Angelsen (1999), Lambin (1997).

esquema de equações de regressão. O modelo foi aplicado para analisar mudanças em vários países, como Equador, Costa Rica, Java e China. Na China, especificamente, foram analisadas mudanças entre de culturas agrícolas (Verdberg e Veldkamp, 2001).

- **Modelos Integrados baseados em Autômatos Celulares.** Autômatos celulares são definidos por: um espaço celular; normalmente 2D; a definição da vizinhança da célula; um conjunto de estados possíveis para as células; e um conjunto de regras de transição. Um exemplo importante de arcabouço baseado em autômatos celulares é o modelo desenvolvido por White e Engelen (2001) para a ilha de Santa Lúcia, visando explorar possíveis efeitos ambientais, sociais e econômicos de mudanças climáticas hipotéticas. O modelo é composto de dois níveis: macro e micro. O nível macro é constituído pelos subsistemas Natural, Social e Econômico, ligados entre si, que calculam os parâmetros das regras de transição e as passam para o nível micro; o nível micro é constituído do autômato celular, no qual as mudanças de classes de uso são efetivamente simuladas. As regras de transição estabelecidas neste modelo específico consideram a atratividade da vizinhança, a adequação de cada célula/região para determinado tipo de uso e a acessibilidade da célula.

Objetivos e Metas

Objetivo geral:

- Realizar análises e cenários sobre as dimensões espaço-temporal dos processos de ocupação da Amazônia

Objetivos específicos:

- Monitorar as mudanças de cobertura da terra;
- Analisar a variabilidade espacial resultante do processo de desflorestamento segundo unidades políticas diferentes, sistemas físicos e bióticos, e padrões de alteração da paisagem;
- Analisar as relações dos processos de mudanças de uso e cobertura da terra da Amazônia com os sistemas de produção, considerando, em particular, as relações entre a produção agro-pecuária, a estrutura agrária e fundiária e as condições de vida dos diferentes grupos de produtores.
- Desenvolver modelos diagnósticos e prognósticos sobre o processo de ocupação da Amazônia, considerando, em particular, a variabilidade espacial dos processos de mudanças de uso e cobertura da terra;
- Produzir cenários do processo de ocupação, utilizando os modelos prognósticos e considerando, em particular, a variabilidade espacial dos processos de mudanças de uso e cobertura da terra;
- Desenvolver, organizar e tornar disponíveis acervos de dados georeferenciados sobre o processo de ocupação da Amazônia, compartilhados entre as instituições da rede temática e, sempre que possível, públicos.

Resultados Esperados

- Produzir mapas de monitoramento das mudanças de cobertura da terra.
- Produzir análises da variabilidade espacial do processo de mudanças de cobertura da terra segundo diferentes unidades políticas, sistemas físicos e bióticos, e padrões de alteração da paisagem.
- Produzir análises das relações dos processos de mudanças de uso e cobertura da terra da Amazônia com os sistemas de produção, considerando, em particular, a estrutura agrária e fundiária e as condições de vida dos diferentes grupos de produtores.
- Produzir modelos diagnósticos e prognósticos sobre o processo de ocupação da Amazônia, considerando, em particular, a variabilidade espacial dos processos de mudanças de uso e cobertura da terra.
- Produzir cenários do processo de ocupação baseados nos modelos prognósticos e considerando, em particular, a variabilidade espacial dos processos de mudanças de uso e cobertura da terra.
- Produzir um banco dados georeferenciados sobre o processo de ocupação da Amazônia, compartilhados entre as instituições da rede temática e, sempre que possível, públicos.

Equipe

Investigadores principais:

Diógenes Alves (INPE)

Ima Vieira (MPEG)

Philip Fearnside (INPA)

Co-investigadores:

Eustáquio Reis (IPEA)

Clemente Tanajura (LNCC)

Reinaldo Barbosa (INPA)

Equipe:

Antônio Miguel Monteiro (INPE)

Silvana Amaral (INPE)

Maria Isabel Escada (INPE)

Roberto Araújo (MPEG)

Daniel Hogan (UNICAMP)

Bertha Becker (UFRJ)

L. Borma (LNCC)

Kasper Kok (ICIS, Holanda)

2. Modelagem da Dinâmica Populacional e Territorial

Estado da Arte

A Amazônia: Uma Floresta Urbanizada?

O processo histórico de ocupação do território amazônico não se fez de maneira linear ao longo do tempo, sendo marcado por ondas migratórias decorrentes das atividades extrativistas, que norteavam a estratégia de desenvolvimento da região. Movimentos populacionais foram ao mesmo tempo causa e consequência das políticas de desenvolvimento regional, assim como resultante da realidade de outras regiões. Os projetos oficiais de colonização da Amazônia, por exemplo, contribuíram para uma pequena porção dos movimentos demográficos, quando comparados à migração espontânea (Sawyer 1984) provocada pela falta de oportunidades nas regiões de origem dos colonizadores.

Na década de 70, a migração líquida adicionou mais de meio milhão de pessoas na região norte, taxa que rapidamente diminuindo nos anos 80 e 90. Os movimentos migratórios para os anos 90 são estimados como menores aos encontrados para o período de 1986-91 (Hogan 2001). Nos anos 80, a fronteira mostrou pouca capacidade de absorver os imigrantes com destino rural. Isto resultou em um processo de migração rural-urbana mais importante que a migração exclusiva para as áreas rurais (Mueller 1992).

A migração, sobretudo, a mobilidade do trabalho, está intimamente associada ao processo de urbanização regional. Na verdade, uma fronteira urbana foi a base logística para um projeto de rápida ocupação da região, acompanhando e mesmo se antecipando à expansão de várias frentes. Se inicialmente a imigração foi sobretudo espontânea, a partir da década de 1970, passou a ser fortemente induzida pelo governo federal, não só com o objetivo de ocupar a região, mas também de criar um mercado de trabalho regional. Este mercado foi organizado com trabalho móvel, isto é, com trabalhadores assalariados (temporários e permanentes) e com pequenos produtores que vendem sua força de trabalho, empregando-se em atividades rurais e urbanas diversas, mesmo a custo de deslocamentos de cem quilômetros de seu local de moradia. Os núcleos urbanos antigos e novos constituem em grande parte a residência dos trabalhadores móveis, que aí são recrutados pelos empreiteiros de mão-de-obra. Por sua vez, à mobilidade do trabalho, gerada pelo modelo de apropriação da terra e desflorestamento em grande escala, associa-se a difusão da malária e outras doenças decorrente do desequilíbrio ecológico causado pelo desflorestamento.

Como resultado, ao longo das três últimas décadas a região Amazônica experimentou as maiores taxas de crescimento urbano do Brasil. Em 1970, a população urbana correspondia a 35,5% da população total. Esta proporção aumentou para 44,6% em 1980, para 58% em 1991, 61% em 1996 e 70% em 2000. A diversificação das atividades econômicas e as mudanças populacionais resultantes, reestruturaram e reorganizaram a rede de assentamentos humanos na região (Becker 1998).

Contudo, o crescimento da população urbana não foi acompanhado da implementação de infra-estrutura para garantir condições mínimas de qualidade de vida. Baixos índices de saúde, educação e salários, aliados à falta de equipamentos urbanos, denotam a baixa

qualidade de vida da população local (Becker 1995 e 1998; Browder e Godfrey 1997; Monte-Mór 1998). A condição de vida nas cidades e nos assentamentos urbanos constitui um dos maiores e piores problemas ambientais na Amazônia (Becker, 2001).

Os estudos de dinâmica populacional e ocupação humana na Amazônia encontram-se dispersos por diferentes institutos e grupos de pesquisadores, em diferentes escalas de observação. Dentre os estudos de dinâmica populacional pode-se citar os seguintes grupos e projetos focando em escalas local, estadual ou regional: Instituto de Medicina Tropical de Manaus, NEPO, Universidade Federal de Minas Gerais, LAGET/UFRJ, Museu Paraense Emílio Goeldi, e Fundação Joaquim Nabuco.

Objetivos

Objetivo geral:

- Pesquisar e relacionar padrões de desflorestamento, e sistemas de produção, dinâmica de populações, assentamentos humanos e funcionamento do ecossistema, e desenvolver modelos espaciais para prever e avaliar diferentes cenários de desflorestamento e seus impactos.
- Pesquisar e relacionar os processos de migração/mobilidade do trabalho/urbanização/saúde, seus determinantes e seu papel no desflorestamento regional.

Objetivos específicos:

- Incorporar a análise das dinâmicas demográficas aos modelos, em particular a componente mobilidade sócio-espacial da população migração.
- Estudar os fatores de atração/repulsão de migrantes - inclusive o papel das políticas públicas, identificando conjuntos territoriais caracterizados por padrões de ocupação do espaço.
- Estudar o papel dos núcleos urbanos como: (a) nós da conectividade (infra-estrutura física/virtual) entre espaços regionais nas áreas ocupadas e povoadas que sofreram intenso processo de conversão nos últimos 30 anos; (b) nós da rede urbana e sua participação na expansão/contenção da fronteira de desenvolvimento.
- Identificar variáveis novas para o modelo, bem como perspectivas de validação, estudando as redes sociais, os sistemas de produção e as interações com o meio-ambiente, inclusive do ponto de vista sanitário.

Metodologia

- a) Identificar na literatura científica, as causas/fatores responsáveis pelas relações acima priorizadas no processo de ocupação entre 1965-1990, visando estabelecer generalizações passíveis de serem modeladas;
- b) Efetuar pesquisa de campo em áreas selecionadas para análise dos processos e relações priorizados, visando maior aproximação com a realidade e a identificação de novos fatores que neles influem no atual contexto regional;
- c) Testar modelos existentes para representação de tais processos e relações, e criar novos, se necessários.

Resultados Esperados

- Produzir um banco de dados sócio-espacial da região.
- Identificar os conjuntos territoriais de diferentes padrões de mobilidade.
- Definir estudos de caso junto ao grupo de LUCC.
- Contribuir para a incorporação de aspectos sociais no esforço de modelagem de uso e conversão do solo.
- Formar de recursos humanos em ciências sociais com instrumental metodológico interdisciplinar.

Equipe

Investigadores Principais:

Roberto Araújo (Goeldi)

Antônio Miguel V. Monteiro (INPE)

Co-investigadores:

Daniel Hogan (NEPO-UNICAMP)

José Marcos Pinto da Cunha (NEPO-UNICAMP)

Ulisses Confalonieri (FIOCRUZ),

Silvana Amaral Kampel (INPE)

Consultora:

Bertha Becker (LAGET/UFRJ)

3. Saúde e Ambiente

Agenda Científica

A Amazônia brasileira é um dos espaços geográficos do planeta mais valorizados na atualidade. Sua importância no cenário internacional associa-se a interesses de múltiplos grupos, algumas vezes radicalmente antagônicos e conflitantes entre si, gerando crises e dificuldades.

A última década está marcada por grandes transformações nas condições de saúde da população brasileira em consequência da acentuação das disparidades sócio-ambientais no país. Condições ambientais podem se relacionar com a saúde positiva ou negativamente e em diversas dimensões, sejam elas tanto questões relativas à produção de doenças, e agravos, como aquelas referentes às relações das populações com elementos e condições histórico-culturais que, envolvendo as dimensões das respostas psicológicas e simbólicas humanas se constituem a partir dos processos de produção, distribuição, circulação e consumo de mercadorias.

Sob o ponto de vista social esta crise caracteriza-se pelo forte crescimento da população regional, pela grande mobilidade interna, pelo crescimento acelerado das periferias urbanas, pelo aumento do contingente populacional socialmente excluído e dos problemas específicos deles derivados, tais como prostituição, violência sobre a criança, adolescente e a mulher, assaltos, homicídios e suicídios.

Na dimensão ambiental, a crise regional expressa-se, entre outros indicadores, pela diminuição acentuada de suas florestas primárias e pelos graves problemas de poluição ambiental associados por um lado, à exploração predatória de seus recursos naturais e, por outro, ao crescimento desordenado de seus espaços urbanos.

O conhecimento científico tem avançado no sentido de elaborar e estabelecer relações entre um grande número de indicadores ambientais e de saúde. O estudo das relações ambiente-saúde, requer um conjunto de informações passadas e atuais sobre os dois componentes. Na realidade Amazônica, estas informações estão dispersas por instituições e bancos de dados muitas vezes incompatíveis em termos de agregação e análise. Dados consolidados e sínteses, tanto operacionais quanto analíticas, em nível do conhecimento, são existentes ainda que precárias, apenas para as doenças infecto-parasitárias. Estas doenças, por suas características específicas, possuem registros oficiais que, embora incompletos e pouco fidedignos, desenham cenários sobre a realidade das relações ambiente e saúde para grupos populacionais específicos.

O quadro epidemiológico da região repete o perfil nacional em que além da presença infecto-parasitárias, as cardiovasculares, as neoplásicas e as causas externas, possuem tendência de mortalidade e morbidade crescentes. Esta complexidade, tanto expressa o efeito de condições genéticas, quanto condições de vida e trabalho vivenciados por estas populações, principalmente aquelas expostas direta ou indiretamente a determinados poluentes químicos.

Estudos sobre as conseqüências das condições e dinâmicas ambientais sobre a saúde das populações humanas na Amazônia devem, necessariamente, contemplar políticas, programas e perspectivas para o enfrentamento destas situações. Novas formas de prevenção, a crescente incorporação de tecnologias de diagnóstico, terapêutica e controle, demandam análise e avaliação condição indispensável para a sustentabilidade técnica e financeira estratégica do próprio sistema de saúde. Nesta dimensão, ênfase deve ser dada ao próprio impacto ambiental que estas tecnologias podem acarretar.

A produção de bens intangíveis, de alto valor agregado, está intimamente ligada a investimentos e ao desenvolvimento científico e tecnológico, especialmente na criação de ambientes que valorizem e favoreçam a inovação. Assim, a incorporação da temática de **Ambiente e Saúde** à rede **GEOMA** visa à criação de um espaço laboratório de inteligência, voltado para a integração entre produção e aplicação do conhecimento sobre as relações ambiente e saúde. O viés da gestão pública e das políticas de regulação, voltados para as questões Amazônicas, deverá ser componente prioritário deste espaço. Assim, espera-se que a produção de conhecimento, seja na forma de tecnologias de educação e informação, de diagnóstico, de produtos terapêuticos, ou tecnologias de fomento e gestão de redes que agilizem a produção bio-tecnológica sejam produtos concretos desta rede e subsidiem políticas públicas sustentáveis.

Objetivo geral:

Este projeto visa sistematizar as inúmeras informações sobre ambiente e saúde na Amazônia buscando produzir análise de conjunturas capazes de instrumentalizar intervenções sustentáveis de controle, bem como potencializar atividades de capacitação de recursos humanos necessários à estas intervenções.

Objetivos específicos:

1. Desenvolver metodologias de análise sistemática de dados capazes de integrar bases de dados existentes no sentido de viabilizar propostas de vigilância a saúde;
2. Construir propostas de modelagem de situações ambientais e agravos endêmicos regionais com o objetivo de prever cenários de controle otimizando custo-efetividade;
3. Construir rede técnica virtual de monitoramento visando prover alternativas ágeis para as situações de “emergências sanitário-ambientais” na região;
4. Estabelecer fórum permanente de definição de prioridades técnicas estratégicas, visando subsidiar as instâncias de gestão regional, especialmente no que se refere às políticas de controle, regulação e capacitação de recursos humanos e,
5. Desenvolver laboratório de comunicação e saúde que responda em termos de informação, capacitação e educação às necessidades da conjuntura ambiental e epidemiológica regional, numa perspectiva globalizada;

Produtos esperados:

1. Banco de dados sobre agravos de significância epidemiológica na região;
2. Identificação de espaços críticos de “emergência sanitário ambiental” e de espaços sentinela na região;
3. Construção de modelos lógicos de monitoramento e controle para situações específicas de emergência sanitário-ambiental e de espaços sentinela na região;
4. Realizar estudos especiais (momentos sínteses) modelando cenários de controle e,
5. Capacitação de recursos humanos

Pesquisadores Convidados da FIOCRUZ:

Luciano Toledo (FIOCRUZ-Centro de Pesquisa Leônidas e Maria Deane)

Sérgio Luís Bessa Luz (FIOCRUZ- Centro de Pesquisa Leônidas e Maria Deane)

Rita Bacuri de Queiroz (FIOCRUZ-Centro de Pesquisa Leônidas e Maria Deane)

Zulmira Hartz (FIOCRUZ- Vice Presidência de Ensino)

Elizabeth Moreira dos Santos (FIOCRUZ- Escola Nacional de Saúde Pública)

Paulo Chagastelles Sabroza (FIOCRUZ- Escola Nacional de Saúde Pública)

Antonio Levino da Silva Neto(Universidade Federal do Amazonas-
Depto de Saúde Coletiva)

4. Modelagem de Biodiversidade

Agenda Científica

Compromissos nacionais e áreas de atuação da Rede GEOMA

Como membro signatário da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), ratificada durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro em 1992, o Brasil tem como compromisso atender aos seguintes objetivos da CDB (MMA, 1998):

- Tratar da diversidade biológica em toda sua amplitude.
- Tratar da conservação da diversidade biológica, da utilização sustentável de seus componentes, e da repartição justa e equitativa dos benefícios derivados da utilização de recursos genéticos.
- Incluir todas as diferentes formas de manejo da diversidade biológica.
- Contemplar os principais instrumentos para subsidiar o planejamento do uso e gerenciamento da diversidade biológica.

Algumas questões relacionadas a estes compromissos podem ser contempladas dentro do escopo da Rede GEOMA:

1. Sistematização da informação existente sobre a diversidade biológica da Amazônia e sobre suas condicionantes ambientais (climáticas, pedológicas, hidrológicas) e antrópicas em um banco de dados geográfico;
2. Análise da viabilidade da utilização dos padrões espaciais da diversidade biológica observada em níveis taxonômicos superiores como representativos da diversidade no nível de espécies conforme sugerido em Grelle (2002) e em Ricotta et al. (2002);
3. Modelagem das relações entre, de um lado, a diversidade biológica e a composição/complementaridade taxonômica, e do outro lado, as condicionantes ambientais ou características da paisagem (Pressey et al. 2000; Roy e Tomar, 2000).
4. Exame da aplicabilidade e implementação para o contexto amazônico (considerando sua extensão territorial e escassez de informação a respeito da distribuição espacial da diversidade biológica e de *taxa*) das diversas abordagens para a análise de sistemas de unidades de conservação de um território. As seguintes abordagens deverão ser investigadas: análise de lacunas (Jennings, 1995), uso de informação abiótica (Pressey et al. 2000), abordagem ecossistema/risco/representatividade (Sierra et al. 2002), aplicação de métricas de efetividade (Pressey et al. 2002) e abordagem sistemática (Margules e Pressey, 2000);
5. Exame da adequação dos diversos modelos para a seleção de novas áreas para a instalação de unidades de conservação na Amazônia. As seguintes abordagens são hoje aplicadas para este fim: análise de lacunas (Scott et al., 1993), algoritmos iterativos (Kirkpatrick, 1983; Pressey e Logan, 1998), programação linear (Underhill 1994; Rodrigues e Gaston, 2002), análise da diversidade ambiental (Faith e Walker, 1996) e abordagem sistemática (Margules e Pressey, 2000);

6. Desenvolvimento de modelos para a análise de favorabilidade de habitat para uma determinada espécie (e.g. Ortigosa et al. 2000). Estes modelos são fundamentais para a implementação de políticas de conservação de espécies endêmicas ou ameaçadas de extinção;
7. Simulação do impacto das atividades humanas sobre a diversidade biológica (e.g. Köhler et al. 2002);

A investigação e implementação destes modelos pela rede GEOMA atenderá aos compromissos assumidos pelo país em relação à conservação da biodiversidade, principalmente em relação ao quarto compromisso acima enunciado que requer a capacitação técnica atualizada em relação ao estado da arte no cenário internacional. Capacitação esta que deverá ser alcançada não apenas através da definição e implementação da abordagem mais adequada ao domínio amazônico para a modelagem ambiental orientada à conservação da biodiversidade, mas também através da formação de recursos humanos para garantir a continuidade e a disseminação desta tecnologia e a sua eficaz aplicação.

Diversidade Biológica da Amazônia: Estado atual do conhecimento e propostas apresentadas para seleção de áreas prioritárias para a conservação biológica

O conhecimento sobre a ocorrência de espécies biológicas no Brasil, e na Amazônia em particular, é mal distribuído tanto entre os diversos taxa da classificação biológica quanto em termos de distribuição espacial de esforço de amostragem (Bicudo e Menezes, 1996; Lewinsohn, 1997). Apesar de que o conhecimento sobre as distribuições espaciais de alguns grupos taxonômicos é hoje razoável (e.g. Ávila-Pires, 1974; Haffer, 1978, Lleras et al. 1992), a maioria dos taxa tem suas distribuições mal descritas (MMA, 1998) e, mesmo para os grupos mais estudados, o conhecimento apresenta riscos de artefatos decorrentes de amostragens mal distribuídas espacialmente (Nelson, 1991; Oren e Albuquerque, 1992). Com base em algumas coleções biológicas, padrões espaciais de especiação e de diversidade biológica foram identificados (Simpson e Haffer, 1978; Oliveira et al., 2002). Correlações entre condições climáticas e diversidade biológica foram comprovadas e padrões de substituição de famílias dominantes foram detectados ao longo de gradientes latitudinais (Guianas-Acre) e longitudinais (Amazônia Oriental – Amazônia Ocidental) (Oliveira et al. 2002).

Diversas propostas têm sido sugeridas para a determinação de áreas prioritárias para conservação de diversidade biológica na Amazônia. Na década de setenta foi proposta a definição destas áreas com base na “Teoria dos Refúgios Pleistocênicos” (Wetterberger et al. 1976; Vanzolini e Williams, 1970; Brown, 1977; Prance, 1978; Haffer e Prance, 2001). Uma das principais críticas a esta teoria é que os centros de endemismo hoje identificados com bases em coleções biológicas coincidem com locais com alta intensidade de coleta na Amazônia podendo ser resultado de um artifício causado pela má distribuição espacial da amostragem da diversidade biológica da região (Nelson et al. 1990; Nelson, 1991). Além deste problema, evidências geológicas, palinológicas e isotópicas são conflitantes com a teoria dos refúgios pleistocênicos (Colinvaux et al. 2000; Colinvaux et al. 2001; Freitas et al. 2001).

Uma outra proposta para a alocação de áreas prioritárias para conservação é a estratificação do espaço amazônico em regiões interfluviais com base na hipótese de que os grandes rios amazônicos funcionam como barreiras ao fluxo genético promovendo portanto especiação vicariante (Ayres e Best, 1979; Ayres e Cluttonbrock,

1992; Peres et al. 1996; Silva e Patton, 1998). Outros estudos não confirmam esta hipótese e apontam para a evolução tectônica e geomorfológica da bacia amazônica como principal causa dos padrões biogeográficos encontrados na região (Collins e Dubach, 2000; Patton et al. 2000; Gascon et al. 2000).

Um dos paradigmas atuais para o planejamento de ações para conservação da biodiversidade é baseado na metodologia denominada “Análise de Lacunas” (Jennings, 1995; Stritholt e Boerner, 1995; Davis e Reiner, 1996; Fearnside e Ferraz (1995)) que consiste na análise da representatividade de um sistema de unidades de conservação em relação aos padrões espaciais da diversidade biológica da região abrangida pelo referido sistema de unidades de conservação e na proposição de novas unidades de conservação de modo a otimizar a representatividade da diversidade biológica da região protegida pelo sistema de unidades de conservação.

Uma outra proposta para a adequação do sistema de unidade de conservação da Amazônia com base na metodologia de análise de lacunas, foi realizada por Nelson e Oliveira (1999). Nesta proposta a representatividade das classes de vegetação é investigada e novas unidades de conservação são propostas dentro do critério de que para cada domínio de classes de vegetação, as áreas selecionadas para a implantação de unidades de conservação devem ser as mais distantes entre si, de modo a apresentar maior complementaridade. A complementaridade das áreas selecionadas por este critério é baseada na observação de que distância geográfica é um dos principais fatores que controlam a variabilidade da composição florística da Floresta de Terra Firme da Amazônia (Oliveira e Nelson, 2001).

O conceito de ecorregiões (Olson et al. 2001) foi empregado em outra proposta de seleção de áreas prioritárias para conservação dentro de uma abordagem por análise de lacunas (Ferreira et al. 1999). Nesta proposta 392 unidades de paisagem foram determinadas a partir da interseção de mapas temáticos de solo e vegetação da Amazônia e foi examinada a representatividade destas unidades de paisagem no sistema de unidades de conservação para cada uma das 23 ecorregiões amazônicas. Áreas para implantação de unidades de conservação foram priorizadas com o objetivo de complementar a representatividade de cada ecorregião no sistema de unidades de conservação e a seleção destas áreas levou em conta o risco de impacto humano e a otimização da conectividade das unidades de conservação.

Modelos de seleção de áreas prioritárias para instalação de unidades de conservação

Quatro modelos básicos são aplicados na seleção sistemática de áreas para a conservação. São eles: (1) análise de lacunas; (2) algoritmos iterativos; (3) programação linear; e (4) diversidade ambiental. A análise de lacunas foi a única destas técnicas que já foi aplicada na escala da bacia amazônica, e se baseia na avaliação da representação dos elementos biológicos incluídos nas Unidades de Conservação (Ferreira et al. 1999). A análise envolve a identificação da representatividade de tipos de unidades de terrenos ou de áreas de alta diversidade biológica dentro do Sistema de Unidades de Conservação.

Os algoritmos iterativos partem do mesmo princípio, mas como as demais técnicas descritas a seguir, requerem a definição “a priori” de unidades de seleção, e o estabelecimento de alvos explícitos, em porcentagem no caso de tipos de vegetação, por exemplo, ou de número de indivíduos no caso de populações de espécies, dos elementos

listados. A prioridade é dada à área que contém maior proporção de alvos listados. Os alvos contemplados são retirados da lista e a análise é refeita, para então selecionar a área que contém maior representação dos alvos reformulados. O processo é iterado até atingir o total de alvos requeridos, ou até se atingir o total de áreas que se pode incluir como áreas protegidas, dadas as limitações do mundo real (Kirkpatrick 1983, Pressey 1998).

A programação linear trata o total dos alvos a serem atingidos como conjuntos nas unidades de seleção, selecionando de uma vez o melhor conjunto de áreas para atingir maior representatividade dos elementos. Por trabalhar com conjuntos e não com uma seleção seqüencial, a programação linear é uma forma de otimizar a seleção, e por meio dela pode-se atingir a mesma quantidade de alvos com menor requerimento total de área (Underhill 1994). Já a diversidade ambiental tem como base a ordenação das variáveis contidas nas unidades de seleção e a prioridade é dada às áreas mais representativas de cada grupo obtido no espaço da ordenação. As áreas mais representativas são definidas como aquelas que possuem menor soma de distâncias, em relação a seus vizinhos mais próximos no espaço da ordenação (Faith & Walker, 1996).

Estas abordagens para a designação de áreas prioritárias para conservação da diversidade biológica são tecnicamente corretas desde que haja informação suficiente sobre a distribuição espacial da biodiversidade e/ou das condicionantes ambientais correlatas. Entretanto é preciso que as esferas sociais e institucionais sejam consideradas para que a implantação de novas unidades de conservação tenha sucesso. A metodologia de planejamento sistemático de conservação (Margules e Pressey, 2000) propõe um esquema de ação em seis estágios de modo a abordar a questão da definição de um sistema de unidades de conservação de modo abrangente e eficaz.

O primeiro estágio envolve a compilação de medidas de biodiversidade e seu mapeamento para a estimativa de similaridades e diferenças encontradas na região sob consideração. O segundo estágio é a identificação de metas de conservação. Estas devem ser operacionais, e ser capaz de considerar fenômenos que ocorrem em escala bem menor do que a escala de mapeamento tais como processos naturais e padrões de biodiversidade, refletir a necessidade de proteção de espécies e paisagens, ter complementaridade com o manejo das áreas fora das reservas e ser abertas a revisões frente a mudanças sociais e econômicas. O estágio seguinte é a revisão do atual sistema de unidades de conservação e da análise de lacunas que é a determinação do grau de efetividade do sistema em conservar a diversidade conforme os padrões espaciais encontrados nos estágios anteriores. O quarto estágio é a seleção de novas reservas, o que deve ser norteado pelo critério de complementaridade, que é obtido por um processo de otimização de decisão, e restrições espaciais relacionadas com as áreas especiais com características insubstituíveis, com o custo da instalação das áreas de conservação, com a designação prévia de algumas áreas, como reservas já existentes ou áreas contendo espécies ameaçadas de extinção, com a exclusão de áreas inadequadas e com as preferências definidas no segundo estágio. O quinto estágio é a implementação das unidades de conservação que deve considerar aspectos fundiários e sociais e definir normas para a ocupação de áreas adjacentes às unidades de conservação. Finalmente a metodologia é continuada pelo manejo e pelo monitoramento contínuo das reservas.

Objetivos

Objetivo Geral:

- Analisar e modelar os padrões espaciais da biodiversidade na Amazônia e desenvolver modelos para subsidiar a escolha de áreas prioritárias para conservação e modelos para subsidiar a implementação de políticas públicas de conservação nas diversas esferas administrativas.

Objetivos específicos:

- Sistematizar e diagnosticar o estado do conhecimento a respeito da biodiversidade na Região Amazônica, procurando identificar: 1) grupos taxonômicos que podem ser utilizados na análise de padrões espaciais da biodiversidade; 2) nível hierárquico taxonômico adequado para representar a distribuição espacial da diversidade de um dado grupo taxonômico, e 3) áreas e grupos taxonômico prioritários para novos esforços de coletas biológicas.
- Desenvolver modelos preditivos da distribuição espacial da diversidade biológica em função de condições abióticas e padrão regional da distribuição de ecossistemas com base em modelagem geoambiental.
- Desenvolver modelos de decisão para a designação de áreas prioritárias para conservação.
- Estabelecer estratégias para a instalação de unidades de conservação levando em conta os contextos ecológicos e sociais envolvidos no processo.
- Desenvolver modelos locais para a conservação de espécies endêmicas ou em risco de extinção e modelos para a análise do impacto de atividades humanas sobre a diversidade biológica.

Resultados Esperados

- Produção de um banco de dados geográficos com informações biogeográficas, ambientais e paleo-ecológica disponível e diagnóstico do estado atual da informação biogeográfica em termos de distribuição espacial da intensidade de coleta.
- Determinação dos padrões de distribuição espacial da diversidade biológica, encontrados para diferentes taxas e análise da covariância destes padrões com condições ambientais e histórico paleo-ecológico com a finalidade de desenvolver modelos preditivos do padrão espacial da biodiversidade para subsidiar a implementação de políticas de conservação da biodiversidade em escala regional.
- Seleção de abordagens metodológicas adequadas para a determinação de áreas prioritárias para a instalação de unidades de conservação na Amazônia e aplicação destas metodologias de modo integrado nas esferas federal, estadual e municipal da administração pública da gestão territorial a fim de subsidiar a proposição de um

Sistema de Unidades de Conservação para Região Amazônica eficaz quanto aos seus objetivos.

- Determinação de ações estratégicas para a garantir a viabilidade da implementação e manutenção de unidades de conservação, levando em conta aspectos ambientais e sociais em suas áreas de influência e as diversas esferas administrativas envolvidas em sua implementação.
- Estudo de casos para o desenvolvimento de modelos de favorabilidade de habitat para espécies endêmicas ou em risco de extinção para subsidiar a implementação de santuários ecológicos em escala local.
- Estudo de casos para o desenvolvimento de modelos de impacto de atividades humanas sobre a diversidade biológica para subsidiar políticas de desenvolvimento sustentável.

Equipe

Investigadores Principais:

Bruce Nelson INPA
Dalton Valeriano INPE
Leandro Ferreira MPEG

Co investigadores:

Affonso Guidão CBPF
Célio Magalhães INPA
William Magnusson INPA
Ana Luisa Albernaz MPEG
Eduardo Venticinque INPA/PDBFF
Luis Horta INPE/CPTEC
José Simeão Medeiros INPE
José Mantovani INPE/OBT
Abimael Loula LNCC
Luiz Bevilacqua LNCC
Jorge Gavina MPEG
José Souza Silva MPEG
Samuel Almeida MPEG
Thereza Prost MPEG
Helder Queiroz IDS Mamirauá
Rogério Gribel INPA
José Gomes INPA
Vera Val INPA
William Overal MPEG
Alexandre Adalardo de Oliveira (USP)

Equipe de Pesquisa:

Lea El-Jaick CBPF
Aldicir Scariot EMBRAPA
Eduardo Lleras EMBRAPA
José Maria Cardoso CI
Alexandre Marino CRIA
Ricardo Scaquetti CRIA
Otto Gottlieb Fiocruz/ABC
Renata Morin Fiocruz/ABC
Roberto Beauclair IMPA
Mario Cohn-Haft INPA
Augusto César Galeão LNCC
Hélio Barbosa LNCC
Márcio Murad LNCC
Michel Skin LNCC
David Oren TNC
Keith Brown UNICAMP
Wolfgang Junk Max Planck –
Alemanha
Florian Wittmann Projeto INPA/Max-
Planck/INPA
Pedro Manual Ribeiro Simões dos
Santos (PPI/INPA)
Maristerra Leme INPA

5. Modelagem Hidrológica Distribuída

Agenda Científica

Apesar das várias iniciativas no sentido de entender os efeitos do desmatamento sobre o clima na Amazônia, os efeitos das mudanças do uso da terra sobre o processo de geração de escoamento e na relação chuva vazão de bacias hidrológicas tem sido pouco (e superficialmente) estudados. Algumas iniciativas (Vorosmarty et al., 1989; Marengo et al., 1994; Zeng, 1998), baseadas em cenários atuais de uso da terra, mostram que o balanço de água, o escoamento, e a evaporação da Bacia Amazônica refletem uma forte influência do clima, o que sugere uma estreita relação entre a hidrologia e o clima.

Apesar da enorme superfície ocupada pela floresta Amazônica, existem poucos estudos de processos em microbacias. Resultados de vários estudos sugerem que a remoção da floresta irá provocar a diminuição de evaporação, diminuição da capacidade de infiltração e da capacidade de armazenamento de água no solo, aumento da descarga superficial e subterrânea e aumento do escoamento rápido e deferido, dependendo do uso do solo e de sua história. A maior parte desses estudos concentram-se na bacia de Barro Branco (1,3 km²), localizada no interior da Reserva Florestal Ducke na Amazônia Central, e para os períodos 1976-1977 e 1981-1983 (Franken and Leopoldo, 1984, 1987; Nortcliff and Thornes, 1978, 1981, 1984; Leopoldo et al., 1982, 1984, 1985, 1995). Em outros locais da Amazônia, alguns resultados foram apresentados por Ross et al. (1990) e Nortcliff et al. (1990) para uma área em Roraima, e por Elsenbeer et al. (1990, 2000) para uma microbacia no Peru. Hodnett et al (1996 a,b), Tomasella e Hodnett (1996) e Hodnett et al. (1997a, b) apresentaram resultados obtidos em uma encosta de pastagem da Amazônia Central, bem como uma revisão desses estudos prévios. Na área de Rondônia, Elsenbeer et al (1999) e Safran et al. (em preparação) analisaram algumas implicações da mudança de uso do solo sobre a geração de escoamento.

A maior parte desses estudos visa entender, de uma maneira limitada, alguns aspectos do ciclo hidrológico, concentrando-se, muitas vezes, em processos pontuais ao nível de parcelas (perdendo-se o conceito de bacia) e, outras vezes, visa a simples comparação entre volumes precipitados e escoados na bacia. Essas abordagens limitam seriamente a conceitualização de modelos hidrológicos num cenário de mudanças de uso da terra, bem como o estabelecimento de princípios que possam ser utilizados para conhecer o funcionamento hidrológico de bacias na escala necessária para uma avaliação precisa dos recursos hídricos da Amazônia. Essas limitações ficaram evidentes durante o último episódio do El Niño (1997-1998), por exemplo, quando a escassez de chuvas na Amazônia afetou de tal maneira a disponibilidade hídrica nas barragens de Balbina (AM) e Samuel (RO), que cidades de grande importância populacional como Manaus e Porto Velho sofreram cortes freqüentes no fornecimento de energia elétrica, com conseqüente prejuízo para a atividade econômica, acompanhada de um forte impacto social.

A ocupação crescente da Amazônia nas últimas duas décadas aumenta as incertezas no que concerne o fornecimento de água, a ocorrência de enchentes, a qualidade da água, e a disponibilidade de água para geração de energia diante do crescimento da demanda de eletricidade e do possível efeito do prolongamento da estação seca sobre o transporte

fluvial. Além disso, não se conhece os verdadeiros efeitos da mudança de uso da terra sobre o tempo e volume de contribuição das bacias de meso e macroescala, e quando essas alterações na resposta hidrológica se diluem pela influência da floresta circundante quando os rios escoam desde áreas fortemente perturbadas em direção a florestas inalteradas. Somadas à variabilidade interanual/interdecadal do clima da Amazônia, as alterações na resposta hidrológica devido ao avanço contínuo do desmatamento poderão colocar em risco a sustentabilidade das comunidades locais, agravando a situação social dessas populações. Portanto, um conhecimento conceitual dos efeitos do uso da terra sobre o escoamento permitirá estimar qual será a futura disponibilidade de recursos hídricos na Amazônia.

Objetivo

Objetivo geral:

- Entender como as mudanças do uso e cobertura da terra, em particular a conversão de floresta para pastagem, modificam o escoamento das bacias hidrológicas em diferentes escalas espaciais e temporais, indo desde a microescala (1-10 Km²) até macroescala (milhões de km²).

Objetivos específicos:

- Identificar quais são as principais diferenças entre bacias em áreas de floresta e desmatadas em termos dos mecanismos de armazenamento de água e geração de escoamento; e qual a informação necessária para a sua modelagem.
- Identificar de que maneira podem ser melhorados os modelos hidrológicos de meso e macroescala, cuja informação é relevante para a formulação de políticas públicas, a partir do conhecimento adquirido no estudo de microbacias.
- Avaliar o impacto da variabilidade climática interanual (El Niño, Lá Niña, variações decadais) sobre a disponibilidade hídrica em diferentes padrões de uso da terra.
- Determinar a escala de desmatamento na qual o impacto hidrológico é significativo.
- Quantificar o impacto hidrológico de novos cenários climáticos plausíveis associados ao uso da terra.

Resultados Esperados

- Produzir uma análise comparativa do comportamento hidrológico entre bacias desflorestadas e não desflorestadas, identificando as alterações nos mecanismos de geração de escoamento para diferentes usos da terra.
- Produzir modelos que avaliam o impacto da variabilidade interanual e interdecadal do clima sobre a disponibilidade de recursos hídricos para apoiar a gestão dos recursos hídricos na região.
- Quantificar a extensão do impacto do desmatamento na cabeceira de rios interestaduais e internacionais através do entendimento da propagação do impacto hidrológico ao longo de rios de meso e macroescala.

- Quantificar as modificações na disponibilidade de recursos hídricos para diversos cenários de mudanças de uso e cobertura da terra em diferentes escalas espaciais e temporais, visando identificar seu impacto em atividades econômicas como agricultura, geração de energia e navegação fluvial.
- Contribuir para o estudo multidisciplinar dos efeitos das mudanças do uso e cobertura da terra na Amazônia.

Equipe

Investigadores principais:

Javier Tomasella (INPE/CPTEC),
Antônio Nobre (INPA)

João Viane Soares (INPE/OBT)

Co-investigadores: Carlos Nobre
(INPE/CPTEC)

José Marengo (INPE/CPTEC)

Raul Feijóo (LNCC)

Regina Alvalá (CPTEC)

Equipe Básica:

Adriana Cuartas (INPA)

Camilo Rennó (INPE)

Clóvis do Espírito Santo

(INPE/CPTEC)

Marcos Oyama (INPE/CPTEC)

Sérgio Rosim (OBT)

Solange Silva Souza (INPE/CPTEC)

6. Modelagem de Ecossistemas Inundáveis

Agenda Científica

A pressão antropogênica sobre os ecossistemas inundáveis tem aumentado nas últimas décadas devido ao aumento da demanda por terras agricultáveis e dos sinais crescentes de desertificação (Cosgrove e Rijsberman, 1999) de amplas regiões outrora produtivas. Em muitas regiões do mundo, os ecossistemas inundáveis têm se tornado a última fronteira de colonização. Os ecossistemas inundáveis Amazônicos são bastante diversos e incluem as unidades de paisagem temporária ou permanentemente inundáveis, ou seja, as várzeas, igapós, pântanos e áreas do estuário do Rio Amazonas. As características biogeoquímicas da água, o tempo de permanência, e o regime hidrológico controlam, em grande parte, a produtividade e a biodiversidade desses diferentes tipos de ambientes inundáveis. As diferenças hidrológicas, assim como as diferenças de estado trófico são muito importantes para a estrutura e funcionamento dos sistemas inundáveis, e controlam o seu potencial de uso e manejo (Junk et al. 1989, Junk 1998).

Os ecossistemas inundáveis ocupam uma área bastante extensa da região Amazônica. Ao contrário de constituírem uma área contínua, esses ambientes se distribuem ao longo da calha dos grandes rios, como também dos igarapés, ou mesmo dentro de depressões nos baixios florestais, o que leva à sub-estimativa de sua importância para a região. Entretanto, embora até hoje não se tenha uma estimativa precisa de sua extensão total, estima-se que durante as águas altas sua área conjunta perfaça um total de 1.5000.000 Km², portanto cerca de 30% da região Amazônica (Piedade et al. 2001). Dentre estes ecossistemas, as várzeas, que estão associados aos rios de água branca ou barrenta e estão distribuídos principalmente nas planícies e inundações dos rios Solimões-Amazonas, Madeira, Purus, Juruá, são os ambientes mais significativos e estima-se que totalizam cerca de 10 % do território amazônico, ou 500 mil km².

Embora muitos estudos tenham sido realizados abordando aspectos específicos da várzea em regiões focais definidas (Junk 1998), uma vez que as condições ecológicas e sócio-econômicas desta grande região variam amplamente, é ainda necessária a ampliação do conhecimento das interações entre os diferentes sistemas (biótico, biogeoquímico e sócio-econômico), de forma a subsidiar seu manejo sustentável. Um importante passo foi dado recentemente nessa direção (Junk et al. 2000a), o que será de importante valia para os estudos ora em proposição, especialmente no sentido de expandir a abordagem para uma maior área ao longo da bacia, condição fundamental para o manejo sustentável desses ambientes em sua íntegra (Junk et al. 2000b).

Existem várias maneiras de se utilizar os ecossistemas alagáveis. Os ecossistemas de várzea do Solimões-Amazonas podem ser utilizados para a pesca e piscicultura, agricultura, silvicultura, pecuária, extrativismo múltiplo, turismo, navegação, hidroenergia, despejos industriais e domésticos. O impacto de cada um desses usos varia ao longo do curso, da nascente à foz, e perpendicularmente à calha do rio, a partir de um gradiente de tempo de permanência da água, que corresponde a um tempo diferencial de tolerância da vegetação arbórea à inundações (Ayres 1993, Junk 1989, Parolin 2000, Worbes et al. 1992, Worbes 1997). Da mesma forma variam tanto o grau de ação antrópica já existente, quanto os interesses entre as diferentes formas de exploração ao longo da calha dos rios de várzea, o que torna imperativa uma análise global de sua atual situação de uso e impacto (Junk et al. 2000).

Para que o uso de áreas alagáveis se torne sustentável, Junk (2000) propõe um zoneamento econômico-hidroecológico. Esse zoneamento levaria em conta, não apenas o potencial de aproveitamento dos ecossistemas, mas também a distância aos centros consumidores e o ciclo da água. O pulso de inundação determina o tempo disponível para a prática de atividades agrícolas (período de produção), a área disponível para plantio, o acesso a estas áreas e a probabilidade de perdas parciais ou totais dos produtos. A pesca também é bastante influenciada pelo ciclo hidrológico. As épocas de cheias correspondem à entressafra, enquanto o período seco é a estação de grande produção pesqueira. Apesar do impacto do ciclo hidrológico sobre os estoques pesqueiros (e seu aproveitamento), a legislação pesqueira ainda não leva em conta esses aspectos (Junk et al. 2000b). Por outro lado, cerca de 80% da madeira que chega ao mercado de Manaus é oriunda das áreas alagáveis, o que pode estar comprometendo ou vir a comprometer os estoques pesqueiros de peixes frugívoros, como também de outros animais (Junk et al. 2000a).

De acordo com a estatística pesqueira de alguns estudos pontuais e dos relatos de antigos pescadores, alguns recursos pesqueiros na Amazônia estão ameaçados pela sobrepesca. Esta condição é fruto da política pesqueira vigente, do aumento da demanda de pescado, da ineficiência de fiscalização por parte dos órgãos governamentais e dos conflitos locais entre pescadores comerciais, de subsistência e outros usuários dos recursos da várzea. Por exemplo, atualmente os estoques de bagres da Amazônia vêm sofrendo ameaças em decorrência de uma atividade de sobrepesca exercida ao longo de toda a bacia. Na região do estuário o número de barcos de pesca comercial é superior ao número de licenças expedidas pelo IBAMA. Ao longo do rio Amazonas e seus afluentes, pescadores utilizam redes com dimensões que cobrem boa parte da calha do rio (principalmente no estuário), reduzindo sobremaneira a quantidade de peixe que continua a migração rio acima. A construção de barragens na Amazônia também tem causado impactos sobre os processos migratórios. Estes aspectos, somados à falta de controle dos órgãos fiscalizadores, a pesca industrial no estuário, a intervenção dos garimpos e pesca em cachoeiras, tem gerado uma séria de conflitos locais entre pescadores.

Neste contexto Junk et al. (2000) propõe a ampliação de estudos de zoneamento para toda a várzea amazônica com base em dados de sensoriamento remoto. Esse zoneamento permitira o manejo sustentável desses ecossistemas em decorrência dos seguintes fatos: 1) de alto valor ecológico das várzeas em decorrência de suas funções múltiplas, entre elas, alta biodiversidade, alto nível de endemismo, alto nível de diversidade de habitats, importância para a estocagem da água; 2) elevada densidade demográfica.

Objetivos

Objetivo geral:

- Definir parâmetros descritores dos atuais ecossistemas inundáveis por meio (através) de observações no campo espaço e tempo.
- Desenvolver, testar e integrar modelos de ecossistemas inundáveis Amazônicos.
- Produzir ferramentas de avaliação do impacto da presença humana nos ecossistemas inundáveis para apoiar seu desenvolvimento sustentável.

Objetivos específicos:

- Organizar e integrar informações disponíveis em um banco de dados georeferenciado e identificar lacunas de conhecimentos essenciais à modelagem.
- Descrever a ocupação humana e classificar os ecossistemas de acordo com a hidrologia, geomorfologia, vegetação e uso da terra.
- Avaliar e modelar os efeitos dos ciclos naturais (hidrológicos e biogeoquímicos) e da presença humana sobre a dinâmica biológica de populações e comunidades de plantas e animais.
- Descrever a origem e movimento de nutrientes e carbono, e a produtividade dos ecossistemas através de biogeoquímica ambiental do presente e passado.
- Determinar os padrões de circulação dos diferentes tipos de água de ecossistemas inundáveis.
- Formar recursos humanos para atuar localmente, dando continuidade aos trabalhos iniciados com este projeto.
- Produzir material didático para capacitação de recursos humanos.
- Promover a interação entre as instituições amazônicas e outras com atuação nos ecossistemas alagáveis da Amazônia, bem como com outras iniciativas de estudos de grande escala na região (LBA, BIOMAM).

Resultados esperados:

- Produzir um banco de dados organizado e disponível para a comunidade.
- Produzir modelos que permitam avaliar cenários alternativos associados a políticas públicas.
- Capacitar alunos de pós-graduação e vários níveis técnicos.
- Elaborar de conjunto de material didático (Vídeos, apostilas, manuais, CDROM)
- Artigos científicos em revistas indexadas
- Artigos de divulgação científica

Equipe

Investigadores principais:

Maria Teresa Fernandez Piedade (INPA), Ronaldo Barthem (MPEG), Evlyn Novo (INPE)

Co-investigadores:

Maria Tereza Prost (MPEG)
Maria De Nazaré Bastos (MPEG)
Samuel Soares De Almeida (MPEG)
Mário Jardim (MPEG)
Carlos Araujo Lima (INPA)
Adalberto Val (INPA)
Bruce Forsberg (INPA)

Efrem Jorge Ferreira (INPA)
Vera Da Silva (INPA)
Márcio Ayres (IDS Mamirauá)
Helder Queiroz (IDS Mamirauá)
Andréa Pires (IDS Mamirauá)
Evlyn Novo (INPE)
Maycira Costa (INPE)
José Eduardo Mantovani (INPE)
João Argemiro Paiva (INPE)
Affonso Guidão Gomes (CBPF)
Mauricio Vieira Kritz (LNCC)
Kevin Telmer (UVic – Canadá)
Laura Hess (UCSB – EUA)
Wolfgang Junk (Max Planck – Alemanha)
Florian Wittmann (Projeto INPA/Max-Planck - INPA)
Pedro Manual Ribeiro Simões dos Santos (PPI/INPA)

Equipe básica:

Dario Dantas Do Amaral - MPEG
Janzen Zuanon - INPA
Lucia Py Daniel - INPA
Carlos Alberto Cid Ferreira - INPA
Gercília Soares – INPA
Cláudio Clemente Barbosa - INPE
Irene Wanderley da Nóbrega- INPE
Léa El-Jaick - CBPF
Rosa Scorzelli - CBPF
Máuro Ruffino – IBAMA
David Mcgrath – IPAM
Antonio Oviedo – WWF Brasil
Carlos Eduardo Novo Gatts - UENF
Edilson Da Silva Brabo (Instituto Evandro Chagas)
Ivan Bergier Lima, CENA/USP.
Waterloo Pereira Filho – UFSM

7. Infra-estrutura, logística e economia regional

Agenda Científica²

Potencialidades Econômicas Regionais

As potencialidades econômicas da Amazônia estão associadas a amplas reservas de recursos naturais, considerados parcela relativamente representativa (cerca de um terço) das disponibilidades com as quais contam os países na atualidade. A região combina reservas florestais da ordem de 300 milhões de hectares de floresta densa e mais de 100 milhões de hectares de floresta aberta, o que corresponde a uma disponibilidade de madeiras da ordem de 45 bilhões de m³ de madeira em pé, segundo o relatório SUDAM / SDR, (1992). Os recursos disponíveis a partir das condições postas pela “bacia hidrográfica de quase seis milhões de km²” distribuem-se entre potencial hidroelétrico, recursos pesqueiros, além de vastas áreas de várzeas, com possibilidades de exploração agrícola, dadas as condições atuais de tecnologia e de mercado. Uma dimensão adicional das possibilidades econômicas regionais está nas amplas reservas minerais tradicionais – ferro, bauxita, ouro e cassiterita –, e de minérios com novas aplicações tecnológicas (nióbio, manganês, titânio).

Segundo Becker (1997), há continuidade nos interesses e nas formas de incorporação dos recursos regionais, desde os “movimentos de fronteira”, determinando os atuais momentos da produção regional. Esse movimento se expressaria através do “vetor tecno-industrial (VTI), herdeiro da economia de fronteira, que reúne projetos de atores interessados na mobilização de recursos naturais (sobretudo minérios e madeira) e de negócios: bancos nacionais e empresas regionais, nacionais – privadas e estatais – e internacionais, individualmente ou em *joint ventures*. A esses atores se aliam segmentos das Forças Armadas com seu projeto de manutenção da soberania nacional”.

O vetor tecno-industrial tem como elementos principais o conjunto de grandes projetos minerais e a Zona Franca de Manaus. Caracterizam esses elementos a forma de relacionamento que estabelecem no interior da região. Possuem amplo poder de impactação em termos de desestruturação, enquanto promovem reorganização do espaço com base em processos excludentes. Por outro lado, estão articulados por uma logística complexa que inclui redes terrestres (rodo e ferroviárias), e sobretudo de telecomunicações, aeroviária e urbana que garantem os fluxos extra-regionais da região aberta que é a fronteira. Essas características recebem um reforço significativo da predominância de uma certa concepção de estratégia de desenvolvimento orientado pela logística, que busca no aproveitamento de economias geradas, a partir das escalas globalizadas dos mercados, os fundamentos para o processo de crescimento econômico. A noção de mercado nacional, enquanto fundamento da unidade interna da economia nacional, é deslocado para dar lugar a uma articulação dos espaços regionais, não entre si, mas com os mercados mundializados.

Sob condições de emprego formal, ligado às atividades industriais de transformação, no período que vai de 1986 a 1996 destacam-se duas áreas onde o emprego formal

² Esta exposição está baseada nos trabalhos da professora Bertha Becker, como Becker (1997) e Becker (2001) e em estudos realizados pelo Núcleo de Economia Socio-Urbana e Regional (NESUR) da UNICAMP.

apresenta maior importância numérica: no Estado do Amazonas – na Mesorregião Centro Amazonense; a segunda no Estado do Pará – Mesorregião Metropolitana de Belém (vide Tabela a seguir).

EMPREGO FORMAL NA ATIVIDADE INDUSTRIAL SEGUNDO MESOREGIÕES BRASILEIRAS – 1986 a 1996

TOTAL DA INDÚSTRIA						
UF	MES	NOME	1986	1989	1993	1996
AC	2	VALE DO ACRE	1.314	2.100	1.780	2.575
AC	1	VALE DO JURUA	145	146	147	201
AM	3	CENTRO AMAZONENSE	76.984	85.477	44.489	55.318
AM	4	SUL AMAZONENSE	165	150	9	43
AM	2	SUDOESTE AMAZONENSE	75	115	16	18
AM	1	NORTE AMAZONENSE	0	2.161	4	7
AP	2	SUL DO AMAPA	3.874	3.807	1.272	895
AP	1	NORTE DO AMAPA	0	0	7	11
PA	3	METROPOLITANA DE BELEM	40.219	41.618	31.902	31.892
PA	6	SUDESTE PARAENSE	9.573	11.587	13.360	14.916
PA	4	NORDESTE PARAENSE	3.916	4.248	3.266	3.802
PA	2	MARAJÓ	1.279	1.755	2.550	2.747
PA	1	BAIXO AMAZONAS	4.779	4.590	3.368	2.333
PA	5	SUDOESTE PARAENSE	799	793	616	683
RO	2	LESTE RONDONIENSE	5.822	8.129	7.580	9.907
RO	1	MADEIRA-GUAPORÉ	3.836	2.919	1.584	2.522
RR	1	NORTE DE RORAIMA	580	562	570	617
RR	2	SUL DE RORAIMA	18	18	18	31
TO	1	OCIDENTAL DO TOCANTINS	928	1.435	2.358	2.393
TO	2	ORIENTAL DO TOCANTINS	69	62	335	338
BR		BRASIL	154.375	171.672	115.231	131.249

A primeira faixa é formada por seis Microrregiões [5 a 10] e um conjunto de trinta municípios, entre os quais encontra-se o de Manaus. Essa mesorregião, no primeiro ano da série, tem o maior nível de emprego, entre as diversas Mesorregiões, 76.984. Entretanto, termina o período, 1996, com um nível de 55.318. Isso, correspondendo a uma recuperação, depois de ter chegado a 44.489 empregos, em 1993. A segunda é formada por duas Microrregiões [7 e 8] e inclui nove municípios, dentre os quais Belém. Em 1986, o nível de emprego formal chega a total de 40.219, perdendo posição no último ano da série, quando alcança a casa de 31.892, numa clara tendência de declínio persistente.

Continuando a tomar cada estado isoladamente, observa-se que, com exceção dos Estados de Tocantins e de Rondônia, todos os demais apresentam comportamento semelhante na distribuição do emprego formal na indústria da transformação: a mesorregião que contém a capital do estado deterá a maior concentração do emprego formal. No Acre, a meso Vale do Acre (2) chega em 1996 com 2.575 empregos formais; Norte de Roraima (1) com 31 empregos; Sul do Amapá (2) com 895 (esta apresentando uma queda de 3.874 empregos em 1986); Leste Rondoniense (2) com 9.907 empregos; Ocidental de Tocantins com 2.393 empregos.

No caso de Rondônia, essa situação de deslocamento do pólo concentrador do emprego formal explica-se pelo fato da mesorregião considerada conter 4 dos maiores municípios, ou seja, há um peso considerável da dimensão populacional na definição dessas condições - Ariquemes (101.650 hab.), Cacoal (83.595 hab.), Ji-Paraná (95.356 hab.), Ouro Preto do Oeste (87.258 hab.). Enquanto que em Tocantins, a mesorregião

Ocidental Tocantins (1) contém o maior município do estado, Araguaína, que exerce forte polarização sobre um amplo conjunto de pólos urbanos do estado, além de manter pontos de contatos com núcleos urbanos das regiões com as quais se limita o norte do estado.

O setor agrícola apresenta uma expansão no número dos estabelecimentos, que passa de uma faixa de 261,1 mil, em 1970, para 408,2 mil em 1980, chegando aos 499,8 mil em 1985. Em grande parte, essas mudanças podem ser creditadas aos movimentos de fronteira da década de setenta, que significaram pressão migratória sobre a região, orientada pela ação do Estado, que assume a organização dos principais pólos de projetos de assentamento do INCRA, notadamente nos Estado de Rondônia e Acre. A ocupação, nos mesmos anos, também indica crescimento: o pessoal ocupado passa de 934,0 mil em 1970, para 1.781,6, em 1980, e para 2.230,2 mil, em 1985 (Tabela 6).

Número de Estabelecimentos, Área e Pessoal Ocupado

Região Norte – 1970/1985

Indicadores	1970	1980	1985
Num estabelecimentos (mil)	261,1	408,2	499,8
Área estabelecimentos.(10 ⁶ há)	23,2	41,6	44,9
Área lavoura (10 ⁶ há)	0,6	1,8	2,0
Pessoal ocupado.(mil)	934,0	1.781,6	2.230,2

FONTE: IBGE, C. Agropecuários, *apud* IPEA, Dados Conjunturais de Agropecuária, jul.

Os gastos públicos, entendidos como somatório dos gastos realizados pelos organismos integrantes dos níveis federais, estaduais e municipais de governo, constituem um dos meios de monetização da economia regional, para grande faixa do espaço regional. Seja diretamente como empregador - áreas da administração pública -, seja através de obras públicas. A formação e a modernização da rede escolar, das redes de atendimento hospitalar e ambulatorial, infra-estrutura de energia e transportes receberam forte incentivo no período, principalmente até os anos 1980. Através da *ação distributiva* do estado, podem, portanto, ser explicados determinantes fundamentais da distribuição/concentração dos serviços em termos espaciais: as capitais dos estados apresentam forte concentração dos investimentos governamentais (área de infra-estrutura, saneamento básico, programas habitacionais, rede hospitalar, rede de escolas, etc.).

Com base nos dados da contagem populacional de 1996/FIBGE, em termos relativos, as pequenas cidades apresentam as menores participações do emprego no setor da administração pública na formação da ocupação em geral. Na totalidade dos municípios que sediam as capitais de estado, as ocupações no setor da administração pública ficam na faixa entre 11,5%(Palmas) - 16,3% (Rio Branco), com uma única exceção para Belém, com 8,2%. Entretanto, considerando-se o contingente populacional da capital paraense, esse percentual corresponde a um valor nominal superior aos da maioria das capitais. Ou seja, o contingente de funcionários públicos no Estado do Pará constitui um dos maiores da região.

Assim, mesmo considerando as limitações dos valores que compõem os orçamentos estaduais e municipais e dos níveis salariais praticados na região, é possível compreender a “folha de pagamento” dos organismos de governo como um dos principais mecanismos de transferência monetária para a economia.

Lógica Regional

O padrão econômico exportador está presente em toda a história da Amazônia. Esse processo não foi contínuo historicamente, mas ocorreu em surtos intermitentes, vinculados à valorização de determinados produtos no mercado internacional. Pode-se considerar que apenas em 1966, com a criação da SUDAM, realmente se inicia o planejamento efetivo da região, no sentido da modernização acelerada da sociedade e dos territórios nacionais. Este processo foi baseado na implantação de diferentes redes regionais: (a) A rede rodoviária, que foi ampliada com a implantação de grandes eixos transversais, como Transamazônica e Perimetral Norte, e intra-regionais como Cuiabá – Santarém e Porto Velho – Manaus, com cerca de 12 000 km de estradas foram construídos em menos de cinco anos; (b) A rede de telecomunicações comandada por satélite, que inclui modernos sistemas de comunicação por microondas e por satélites. (c) A rede urbana, sede das redes de instituições estatais e organizações privadas; (d) A rede hidroelétrica, implantada para fornecer energia, que é o insumo básico à nova fase industrial.

A infra-estrutura das redes teve efeito fundamental sobre a urbanização. Em alguns lugares, a urbanização precedeu a expansão da fronteira agrícola, e induziu fluxos migratórios para o povoamento da região e formação do mercado de mão-de-obra local. A infra-estrutura mudou ainda o padrão da circulação regional, que se deixou de fazer, predominantemente nos rios e passou a se fazer nas artérias rodoviárias, e mudou o padrão do povoamento regional, que passou a ser concentrado ao longo das estradas. Deste modo, os estudos de economia regional estão fortemente ligados à logística das redes regionais, em suas diferentes expressões.

A partir de 1996, o governo brasileiro, através do “Programa Brasil em Ação”, que prevê *corredores de desenvolvimento*, nos quais o governo reconhece áreas prioritárias para investimento público e privado nos próximos 20 anos. Estes corredores têm sua lógica guiada pela estratégia de integração da região amazônica às cadeias produtivas nacionais e internacionais de bens como soja, carne bovina, óleo, gás e minerais. Estes corredores são potencialmente conflitantes com as regiões de preservação da biodiversidade e de conservação da natureza, razão pela qual é imprescindível que sejam estudados e modelados no âmbito da rede GEOMA.

Objetivos

Um dos componentes da rede GEOMA serão estudos de economia regional, que terão de considerar a nova subdivisão regional da Amazônia, resultante dos processos de ocupação recente da região e das políticas de desenvolvimento dos últimos 30 anos. Uma das propostas desta nova subdivisão regional é apresentada por Becker (2001):

1. Amazônia Oriental e Meridional - corresponde ao arco povoado a leste e sul da floresta, as áreas desmatadas do sudeste do Pará, Tocantins, Mato Grosso, Rondônia, e uma parte do Acre que foi também objeto de expansão da pecuária e de desflorestamento. Esta área praticamente não tem mais ecossistemas florestais e sua economia é hoje comandada pelas relações com o padrão exportador, ditado pelo Centro-Sul do País.
2. Amazônia Central - Inclui o estado do Pará com a Bragantina, Belém e corredor Porto-Velho até a Venezuela. Trata-se da área mais vulnerável, que será mais cortada pelos Eixos de Integração e onde há uma grande concentração de Terras Indígenas e Unidades de Conservação.
3. Amazônia Ocidental – área que ficou à margem dos Eixos, é ainda comandada pelo ritmo da natureza. Manaus é a grande capital dessa área.

Neste particular, será necessário proceder a estudos visando responder às seguintes perguntas:

- Em que medida a infra-estrutura de transporte (existente e a ser implantada) poderá trazer desenvolvimento para a região?
- Em que medidas os novos eixos de desenvolvimento regional efetivamente redefinem o que é a Amazônia real do que ainda é chamado de Amazônia Legal? Em outras palavras, como se articulam os pólos de desenvolvimento regional?
- Qual o impacto, para a economia regional, da formação de um grande eixo Norte-Sul na Amazônia Central, que vai de Porto Velho até a Venezuela, passando por Manaus?
- Considerando os modelos de biodiversidade, mudanças de uso da terra e hidrológicos a ser desenvolvidos nos demais eixos de pesquisa da rede GEOMA, como orientar o desenvolvimento regional de forma a concentrar os impactos da expansão econômica em áreas menos vulneráveis ambientalmente?

Equipe

A socioeconomia regional está intimamente relacionada aos processos de transformação da paisagem na região Amazônica, na medida em busca relacionar a presença do homem como agente de transformação às questões sócio-econômicas do presente e do futuro para a região Amazônica. Entretanto, os membros da rede atualmente identificados, compostos em sua maioria por instituições do MCT carecem competência adequada para a realização destes estudos. Desta forma, a rede prevê que este estudo seja contratado a instituições científicas especializadas, selecionadas mediante processo competitivo.

7. Modelos Integrados, Simuladores Ambientais e Bancos de Dados Geográficos.

Agenda Científica

Nos temas abordados pela Rede, enfrentamos fenômenos altamente complexos pela não linearidade, pelo comportamento determinístico e não determinístico e pela enorme interação entre os diversos aspectos físicos, ecológicos, econômicos e humanos, e pelos fatores de incerteza (Reed, Ye, 1994) entre outros. Para que os resultados de cada área temática possam ser empregados de maneira eficiente pelos tomadores de decisão será necessário que estes sistemas sejam vistos como um conjunto, onde a interação entre seus componentes seja expressa em *Modelos Integrados Multiescala*, possam fazer uso de um *Banco de Dados* acessível e confiável e seja possível visualizar a evolução dos processos de interação no tempo, no espaço e em diversas escalas com *Simuladores Computacionais*. Assim este sexto tema divide-se em três partes, apresentadas a seguir.

Modelos Integrados Multiescala.

Modelos integrados multiescala são modelos quantitativos cujo objetivo é produzir programas computacionais que permitam explorar cenários da evolução da ocupação da Amazonia, com previsões da evolução da floresta, dos recursos hídricos e da biodiversidade em presença da ocupação humana, da exploração dos recursos naturais e da introdução de fatores exógenos na região. Trata-se de tarefa complexa, especialmente na Amazônia onde pouco se conhece sobre a resposta da floresta a fatores exógenos, antrópicos ou naturais. Exige um esforço coordenado de cientistas naturais, cientistas sociais, matemáticos aplicados, cientistas da computação e engenheiros, além de ser absolutamente necessário contar com o conhecimento da população local. Necessita da elaboração de ferramentas matemáticas sofisticadas e de recursos computacionais de grande porte, com representações espaço-temporais (Holmes et al., 1994; Gourley et al, 2001). Estes modelos necessitam de validação, o que é uma tarefa realizável apenas a longo prazo para o tema em questão, e deve ser baseada em resultados obtidos pelos outros grupos de pesquisa desta Rede e outros pesquisas. Serão de especial importância os resultados do LBA para os dados relativos à física da floresta amazônica e da interação clima-floresta.

Para o desenvolvimento destes modelos, é fundamental definir o que se entende por *sustentabilidade* e como este conceito pode ser traduzido em termos quantitativos. A proposta a ser analisada inicialmente tratará o problema dentro de dois aspectos:

1. *Sustentabilidade estável*, alcançada quando o equilíbrio entre ação humana (ou natural) e preservação do ambiente natural perturbado por agentes antrópicos ou naturais não se afasta muito da posição inicial e volta esta posição depois de um tempo relativamente curto.
2. *Sustentabilidade cíclica*, que ocorre quando a interação entre ação humana (ou natural) e preservação do ambiente natural é sustentável quando as perturbações causam um movimento de degradação – recuperação num tempo predeterminado e considerado aceitável. (Ciclo limite).

Uma segunda questão prende-se aos pressupostos básicos que formam a matriz de um modelo integrado referente à atividade humana. Dadas as peculiaridades da região, dificilmente os padrões clássicos (Bernstein, Montgomery, Rutherford) calcados na atividade humana predominante nos países centrais, que serve de referência para praticamente todos os modelos e que está orientada para uma economia de consumo (business as usual), será útil para o nosso caso. Portanto partiremos de um pressuposto mais básico, anterior ao padrão atual dos países desenvolvidos, considerando as necessidades, desejos e impulsos humanos segundo as seguintes ações: alimentar, abrigar, reproduzir, comunicar, conquistar, purificar, brincar e contemplar. Motores diretos e indiretos destas ações são os binômios trabalho-capital e conhecimento-tecnologia (Matos, 2001). O primeiro fornece energia para provocar o processo evolutivo e o segundo é a fonte para aumentar o rendimento e otimizar.

Em resumo o objetivo principal deste tema é desenvolver relações quantitativas entre variáveis bióticas, abióticas, e sócio-econômicas-culturais, sujeitas a forças naturais e antrópicas, englobando o entendimento de processos que ocorrem numa multiplicidade de escalas espaciais e temporais. As relações entre essas variáveis, seus termos forçantes e a dependência no espaço e no tempo serão postas formalmente em termos de um sistema de equações, cujas soluções apresentam diversos tipos de comportamento de equilíbrio, que serão estudadas em conjunção com os conceitos de sustentabilidade.

Este tema inclui ainda o desenvolvimento de tecnologias e metodologias que permitam a elaboração de *Simuladores Computacionais*. Estes simuladores objetivam representar fenômenos espaço-temporais dinâmico. Para isso serão desenvolvidas ferramentas computacionais para visualizar a representação matemática de um processo do mundo real em que uma localização na superfície terrestre muda em resposta a variações nas forças dirigidas. Estes simuladores computacionais são extensões da tecnologia de Geoprocessamento, com o acoplamento de modelos integrados multiescala, capazes de realizar projeções de processos naturais e socioeconômicos.

Banco de Dados Geográficos

Para integrar os resultados dos diferentes grupos de pesquisa da Rede, será necessário ainda montar *Bancos de Dados Geográficos* sobre a Amazônia, que gerencie as diferentes informações sobre biodiversidade, dinâmica de uso da terra, condicionantes climáticos, mapeamento do meio físico, dados de dinâmica populacional e informações censitárias. Este banco de dados deverá ser colocado à disposição da sociedade, através da Internet. Trata-se de produto inédito no Brasil, de grande impacto científico e em políticas públicas.

Nesta área científica, será ainda importante o desenvolvimento de tecnologias de visualização computacional, para lidar com os diferentes tipos de dados utilizados para os projetos da rede. Em especial, duas áreas deverão ser abordadas: *imagens de videografia* e *bancos de dados de imagens*. No caso de imagens de videografia, o objetivo é desenvolver estudos para extração de informação em imagens obtidas por vídeo digital a bordo de aeronaves. A Rede Temática já dispõe de um conjunto significativo de imagens, que cobrem parte da várzea do rio Amazonas. No caso de Bancos de Dados de Imagens, o objetivo é a extração de padrões espaço-temporais no Centro de Dados de Sensoriamento Remoto do INPE. Este centro está sendo construído

com o acervo de imagens MSS e LANDSAT do INPE a partir de 1974 e representa um acervo muito rico em informações sobre a Amazônia, cuja exploração requer técnicas computacionais avançadas de visualização. Um dos modelos matemáticos a ser utilizados é o modelo dos *Espaços de Escala*³. Os espaços de escala são a base de toda uma linha de pesquisa de Equações Diferenciais Parciais aplicadas ao Processamento de Imagens que tem se revelado extremamente ativa recentemente e tem a característica de representar informações espaciais em diferentes níveis de percepção, que vão de processamento de “baixo nível” (aquisição da imagem no olho, filtragem, detecção de arestas, agrupamento), passando por detecção de formas (usando informações de textura, movimento, sombreamento e visão estéreo) até o processamento de “alto nível” (formação e reconhecimento de objetos via comparação com protótipos).

Computação Distribuída, Ambientes Colaborativos, Visualização

Para a operacionalidade de organizações como a proposta no presente projeto precisamos de ambientes colaborativos, seja na elaboração e desenvolvimentos de aplicações associados, seja na utilização das aplicações desenvolvidas ou de aplicações de terceiros. Implica também em malhas (Grid) de computadores e redes, e respectivas configurações.

Com o desenvolvimento das tecnologias de informação e de comunicação espera-se permitir o projeto de sistemas computacionais e de informação baseados inteiramente na abundância de recursos da infra-estrutura disponível e de potencial de processamento geograficamente distribuído. Estes desenvolvimentos conduzirão ao grande desafio de definir e de explorar sistemas dinamicamente configurados composto de entidades que interagem de novas formas com seu ambiente para realizar ou controlar suas tarefas computacionais.

O objetivo como um todo é obter técnicas (modelos, estruturas, métodos, algoritmos) para construir sistemas que são flexíveis, confiáveis, seguros, robustos e eficientes. O interesse dominante não é simplesmente representar e manipular eficientemente dados mas no entanto tratar coordenação e interação, segurança, confiabilidade, robustez, modos de falha, e controle de risco das entidade no sistema e no projeto, descrição e desempenho global do próprio sistema.

Espera-se, através do uso desta infra-estrutura, o desenvolvimento de aplicações de modelagem ambiental que permitam um entendimento maior e mais acelerado do nosso mundo. De forma semelhante, exemplos mobilizadores existem em áreas diversas como biologia e genômica, neurociência, projeto de aeronaves, física de altas-energias e astrofísica, e ambientes inteligentes e móveis para pesquisa em tecnologia da informação, entre outras.

³ ver <http://www.visgrafimpa.br/Courses/eescala/index.html>.

Objetivo

Objetivos gerais:

- Integrar modelos desenvolvidos pelas outras áreas da Rede em modelos compartilhados, para desenvolver relações quantitativas entre variáveis bióticas, abióticas, e sócio-econômicas-culturais, sujeitas a forças naturais e antrópicas, englobando o entendimento de processos que ocorrem numa multiplicidade de escalas espaciais e temporais.
- Desenvolver tecnologias e metodologias que permitam a elaboração de *Simuladores Computacionais*, incluindo o site “SimulaBrasil!”, que permitirá a pesquisadores e especialistas em políticas públicas interagir on-line com os modelos desenvolvidos pela rede.
- Produzir, juntamente com as demais áreas temáticas, um banco de dados geográfico da Amazônia, acessível via Internet a partir dos estágios iniciais do projeto, com procedimentos de disponibilidade, com prazos e natureza dos dados a serem definidos pelo Comitê Científico.

Objetivos específicos:

- Definir os conceitos fundamentais de sustentabilidade e estabelecer o quadro de referência para a elaboração dos modelos integrados.
- Desenvolver ferramentas matemáticas e computacionais para o tratamento dos modelos dos diferentes temas. Dar suporte ao desenvolvimento de modelos específicos próprios aos cinco temas anteriores.
- Desenvolver um ambiente de *software* que suporta o desenvolvimento de simuladores espaciais baseado na integração de dados multi-escala, que combina modelos e bancos de dados gerados pelas outras áreas temáticas da Rede.
- Desenvolver técnicas de visualização computacional para dados de videografia espacial.
- Desenvolver técnicas de multi-resolução e multi-escala em imagens, para extração de informações no Centro de Dados de Sensoriamento Remoto do INPE.
- Integrar ferramentas desenvolvidas no ambiente de software cooperativo da rede GEOMA, com a montagem de um *grid computacional* para execução de modelos distribuídos, interoperabilidade e colaboração de centros participantes.
- Desenvolver tecnologia para integração de Bancos de Dados Heterogêneos com a aplicação de Sistemas Agentes (e Multiagentes).

Equipe

Investigadores Principais: Luiz Bevilacqua (LNCC), Gilberto Câmara (INPE), Raul Feijoo (LNCC)

Co-investigadores: Paulo César Carvalho (INPA) e Ricardo Cartaxo Modesto de Souza (INPE), Hermano Fridman Neto (IMPA), P. Antonelli (U. Alberta-Ca.), Solange Rutz (LNCC), A. Loula (LNCC), A C. Galeão (LNCC), B. Schultz (LNCC), Gilson Giraldi (LNCC), A Nachbin (IMPA), M. Murad (LNCC), M. Iskin (LNCC), E. Reis (IPEA), M. Raupp (LNCC), J. Koiler (FGV/LNCC Elcio Toledo(LNCC), Renato Silva (LNCC), Carla Osthoff, Renato Portugal, Milton Corrêa, Constantino Ribeiro, Walter Herrera, Jorge Valardan, Izar Valetin.

Referências

- Almeida, A.L.O., Campari, J.S., 1995. Sustainable settlement in Brazilian Amazon. Washington, The World Bank.
- Alves, D.S., 2001. O processo de desflorestamento na Amazônia. *Parcerias estratégicas*. 12, 259-275.
- Alves, D.S., in press. Space-time dynamics of deforestation in Brazilian Amazon. *International Journal of Remote Sensing*.
- Ávila-Pires, F.D. Caracterização zoogeográfica da Província Amazônica II. A família Callitrichidae e a zoogeografia amazônica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 46(1): 159-181. 1974.
- Ayres J.M.; Cluttonbrock T.H. 2002. River boundaries and species range size in Amazonian primates. *American Naturalist* 140 (3): 531-537.
- Ayres, J.M.; Best, R. Estratégias para a conservação da fauna amazônica. *Acta Amazônica*, 9 (4-Supl.): 81-101. 1979.
- AYRES, J. M. (1993): As matas de várzea do Mamirauá. in: Sociedade Civil Mamirauá (ed): Estudos de Mamirauá, Vol. 1, 1-123.
- Becker, B.K., 1997, *Amazônia*. 5th edn. São Paulo: Ática.
- BECKER, B. Cenários de Curto Prazo para o Desenvolvimento da Amazônia. Cadernos IPPUR, rio de Janeiro, Ano XIV, no 1, p. 53-85, Jan/Jul 2000.
- Becker, B.K., 2001. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários? *Parcerias estratégicas*. 12, 135-159.
- Benda, L. and T. Dunne, 1997a. Stochastic forcing of sediment supply to channel networks from landsliding and debris flow. *Water Resour. Res.*, 33, 2849-2863.
- Benda, L., and T. Dunne, 1997b. Stochastic forcing of sediment transport and storage in channel networks. *Water Resour. Res.*, 33, 2865-2880.
- Bernstein P.M., Montgomery W.D., Rutherford T.F. 2002. The International Impact Assessment Model, Charles River Associates Incorporated, wdm@crai.com
- Beven, J. and M. J. Kirkby, 1979. A physically-based variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrol. Sci. Bull.* 24:43-69.
- Bicudo, C.E.M.; Menezes, N.A. (eds) *Biodiversity in Brazil: a First Approach*. CNPq, São Paulo, 1996.
- Bonell, M. 1993. Progress in the understanding of runoff generation dynamics in forests. *J. Hydrol.* 150:217-275.
- Briassoulis, H., Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches, Livro on-line (<http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm>), Regional Research Institute, West Virginia University, 1999.

- Brito, M.S. 1995. Políticas Públicas e Padrões de Uso da Terra na Amazônia Legal. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v.57 (3), p. 73-93, jul/set.
- Brown, K. 1977. Centro de evolução, refúgios quaternários e conservação do patrimônio genético na região neotropical: padrões de diferenciação em Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae). *Acta Amazonica* 7:75-137.
- Bruinjzeel, L.A. 1990. *Hydrology of moist tropical forest and effects of conversion: a state of knowledge review*. UNESCO, Paris, and Free University, Amsterdam, the Netherlands.
- Caldas, M.C. 2001. *Desmatamento na Amazônia: uma análise econométrica de autocorrelação espacial combinando informações de Sensoriamento Remoto com dados primários*. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP.
- Capobianco, J.P.R. et al. (org.), 2001. *Biodiversidade na Amazônia brasileira: avaliação e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios*. São Paulo, Estação Liberdade e Instituto Socioambiental.
- Colinvaux P.A.; De Oliveira P.E.; Bush M.B. 2000. Amazonian and neotropical plant communities on glacial time-scales: The failure of the aridity and refuge hypotheses. *Quaternary Science Reviews* 19: (1-5) 141-169.
- Colinvaux P.A.; Irion G.; Rasanen M.E.; Bush M.B.; de Mello J.A.S.N. 2001. A paradigm to be discarded: Geological and paleoecological data falsify the HAFER & PRANCE refuge hypothesis of Amazonian speciation. *Amazoniana-Limnologia et Oecologia Regionalis Systemae Fluminis Amazonas* 16: (3-4) 609-646. 2001.
- Collins A.C.; Dubach J.M. 2000. Biogeographic and ecological forces responsible for speciation in Ateles. *International Journal of Primatology* 21(3): 421-444.
- Davis, F.; Reiners W.A. 1996. The nature of GAP analysis. *Bioscience* 46(6): 390-390. 1996.
- de Souza, I.S.F., Busch, L., 1998. Networks and agricultural development: The case of soybean production and consumption in Brazil, *Rural sociology*, 63(3), 349-371.
- Dickinson, R. E., 1989. Modeling the effects of Amazon deforestation on regional climate: a review, *Agric. and For. Meteorol.* 47, 339-347.
- Dunne, T. 1983. Relation of field studies and modeling in the prediction of storm runoff. *J. Hydrol.* 65:25-48.
- Elsenbeer, H., and R. Vertessy. 2000. Stormflow generation and flowpath characteristics in an Amazonian rainforest catchment. *Hydrological Processes*, 14:2367-2381.
- Elsenbeer, H., B. E. Newton, T. Dunne, and J. M. Moraes. 1999. Soil hydraulic conductivities of latosol under pasture, forest and teak in Rondônia, Brazil. *Hydrological Processes*, 13:1417-1422.
- Elsenbeer, H., D.K. Cassel, J. Castro. 1990. Spatial analysis of soil hydraulic conductivity in a tropical rainforest catchment. *Water Resources Research*, 28:3201-3214.

- Engelen, G., White, R. 1995. Using Cellular Automata for Integrated Modelling of Socio-environmental Systems. *Environmental Monitoring and Assessment*, 34:203-214.
- Faith D.P., Walker P.A. Environmental diversity: on the best-possible use of surrogate data for assessing the relative biodiversity of sets of areas. ***Biodiversity and Conservation* 5(4):399-415.** 1996.
- Fearnside, P.M., 1993. Deforestation in Brazilian Amazônia: The Effect of Population and Land Tenure. *Ambio*, 22, 537-545.
- Fearnside, P.M.; Ferraz, J.A. Conservation Gap Analysis of Brazil Amazonian Vegetation ***Conservation Biology* 9(5): 1134-1147.** 1995.
- Ferreira, L.V.; Sá, R.L.; Buschbacher, R.; Batmanian, G.; Silva, J.M.C.; Moretti, E. Identificação de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade através da representatividade das unidades de conservação e tipos de vegetação nas ecorregiões da Amazônia Brasileira. In: MMA. **Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Amazônia.** PROBIO-Programa Nacional da Diversidade Biológica, MMA, Brasília. 1999.
- Frank, S.A., 1998, *Foundations of Social Evolution*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey
- Franken, W. and Leopoldo, P.R., 1984. Hydrology of catchment areas of Central-Amazonian forest streams. Ch 19, in: *The Amazon, limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin.* Ed. Sioli, H., Junk, Dordrecht, The Netherlands. Pp 501-519.
- Franken, W. and Leopoldo, P.R., 1987. Relações entre fluxos de água subterrânea e superficial em bacia hidrográfica caracterizada por cobertura florestal Amazônica. *Acta Amazonica* 16/17:253-262.
- Freitas, H.A.; Pessenda, L.C.R.; Aravena, R.; Gouveia, S.E.M.; Ribeiro, A.D.; Boulet, R. Late Quaternary vegetation dynamics in the southern Amazon Basin inferred from carbon isotopes in soil organic matter. ***Quaternary Research* 55: (1) 39-46.** 2001.
- Frohn, R.C., McGuire, K.C, Dale, V.H., Estes, J.E. 1996. Using Satellite remote sensing analysis to evaluate a socio-economic and ecological model of deforestation in Rondônia, Brazil. *International Journal of Remote Sensing*, 17(16), p. 3233-3255.
- Garbrecht, J., and Shen, H.W., 1988. The physical framework of the dependence between channel flow hydrographs and drainage network morphometry", *Hydrologic Processes*, 2, 337-355.
- Gascon, C.; Malcolm, J.R.; Patton, J.L.; da Silva, M.N.F.; Bogart, J.P.; Lougheed, S.C.; Peres, C.A.; Neckel, S.; Boag, P.T. Riverine barriers and the geographic distribution of Amazonian species. ***Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 9 (25): 13672-13677.** 2000.
- Gash, J.H.C., e C.A. Nobre. 1997. Climatic effects of Amazonia deforestation. Some results of ABRACOS. *Bull. Amer. Met. Society*, 78:823-830.

- Gourley, S.A., Chaplain, M.A.J., Davidson F.A., “Spatio-Temporal pattern formation in a nonlocal reaction-diffusion equation”, *Dynamical Systems*, vpl 16, No 2, 2001, pp 173-192.
- Grayson, R.B., I.D. Moore, and T.A. McMahon. 1992. Physically based hydrologic modeling 2. Is the concept realistic? *Water Resources Research* 26,10:2659-2666.
- Grelle, C.E.V. Is higher-taxon analysis a useful surrogate of species richness in studies of Neotropical mammal diversity? *Biological Conservation* 108:101-106. 2002.
- Haffer, J. Distribution of Amazonian birds. ***Bonner Zoologischen Beiträgen* 29:38-78.** 1978.
- Haffer, J.; Prance G.T. Climatic forcing of evolution in Amazonia during the Cenozoic: On the refuge theory of biotic differentiation. ***Amazoniana-Limnologia Et Oecologia Regionalis Systemae Fluminis Amazonas* 16: (3-4) 579-605** 2001.
- Hodnett, M.G., I. Vendrame, A.O. Marques Filho, M.D. Oyama, J. Tomasella. 1997a. Soil and groundwater behaviour in a catenary sequence beneath forest in Central Amazonia: I. Comparisons between plateau, slope and valley floor. *Hydrology and Earth Systems Sciences* 1(2): 265-277.
- Hodnett, M.G., I. Vendrame, M.D. Oyama, A.O. Marques Filho, J. Tomasella. 1997b. Soil water storage and groundwater behaviour in a catenary sequence beneath forest in Central Amazonia. II. Floodplain water table behaviour and implication for streamflow generation. *Hydrology and Earth Systems Sciences*, 1(2): 279-290.
- Hodnett, M.G., J. Tomasella, A.O. Marques Filho, e M.D. 1996b. Deep soil water uptake by forest and pasture in central Amazonia: predictions from long-term daily rainfall using a simple water balance model. In: *Amazonian Deforestation and Climate*, Eds Gash, J., Nobre, C.A., Roberts, J.M., and Victoria, R.L. John Wiley, Chichester, U.K. pp 79-99.
- Hodnett, M.G., M.D. Oyama, J. Tomasella, and A.O. Marques Filho. 1996a. Comparisons of long-term soil water storage behaviour under pasture and forest in three areas of Amazonia. In: *Amazonian Deforestation and Climate*, Eds Gash, J., Nobre, C.A., Roberts, J.M., and Victoria, R.L. John Wiley, Chichester, U.K. pp 57-77.
- Hodnett, M.G., Pimentel da Silva, L., da Rocha, H.R. and Cruz Senna, R., 1995. Seasonal soil water storage changes beneath Central Amazonian rainforest and pasture. *Journal of Hydrology* 170, 233-254.
- Holmes, E.E., Lewis M.A., Banks J.E., Veit R.R., “ Partial Differential equations in ecology : Interaction and population dynamics”, *Ecology*, vol75, No 1, 1994 pp 17-29.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2001. Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélite 1999-2000. *Separata* (São José dos Campos, Brazil: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).
- Jennings, M.D. Gap analysis today: A confluence of biology, ecology, and geography for management of biological resources. ***Wildlife Society Bulletin* 23(4):658-662.** 1995.

- Jensen, H.J., "Self-Organized Criticality", Cambridge University Press, Cambridge, 1998
- JUNK, W.J., BAYLEY, P.B. & SPARKS, R.E. (1989): The Flood pulse concept in river-floodplain systems. in: Dodge, D. (ed.): Proceedings of the International Large River Symposium. Canadian special publication of fisheries and aquatic science 106: 110-127, Ottawa.
- JUNK, W.J. (1989): Flood tolerance and tree distribution in central Amazonian floodplains. in: Tropical Forests, 47-64.
- JUNK, W.J. (2000): Neotropical Floodplains: A continental-wide view. em: Junk, W.J., Ohly, J.J., Piedade, M.T.F. & Soares, M.G.M. (eds.): The Central Amazon Floodplain: Actual Use and Options for a Sustainable Management, Leiden. p. 5-24
- JUNK, W.J., OHLY, J.J., PIEDADE, M.T.F. & SOARES, M.G.M. 2000a: The Central Amazon Floodplain: Actual Use and Options for a Sustainable Management, Leiden.
- JUNK, W.J., OHLY, J.J., PIEDADE, M.T.F. & SOARES, M.G.M. (2000b): Actual use and options for the sustainable management of the Central Amazon Floodplain: Discussion and Conclusions. em: Junk, W.J., Ohly, J.J., Piedade, M.T.F. & Soares, M.G.M. (eds.): The Central Amazon Floodplain: Actual Use and Options for a Sustainable Management, Leiden. p. 535-576
- Kaimowitz, D., Angelsen, A. 1998. *Economic Models of Tropical Deforestation: A Review*. Center for International Forestry Research.
- Kirkby, M.J.(editor). 1978. Hillslope hydrology. John Wiley & Sons. Norwich, UK.
- Kirkpatrick J. B. An Iterative Method for Establishing Priorities for the Selection of Nature Reserves – an Example from Tasmania. **Biological Conservation** 25(2):127-134 1983.
- Klemes, V. 1983. Conceptualisation and scale in hydrology. *J. Hydrol.* 65:1-23.
- KLENKE, M. & OHLY, J.J. (1993): Wood from floodplains. - em: Junk, W.J. & Bianchi, H.K. (eds.): 1st SHIFT Workshop, Belém, 1993. GKSS-Researchcenter, Geesthacht, p.88
- Köhler, P.; Reinhard, K.; Huth, A. Simulating anthropogenic impacts to bird communities in tropical rain forests. **Biological Conservation** 108:35-47. 2002.
- Lambin, E.F., Baulies, X., Bockstael, N., Fischer, G., Krug, T., Leemans, R., Moran, E.F., Rindfuss, R.R., Skole, D., Turner II, B.L., Vogel, C., 1999. *Land-Use and Land-Cover Change Implementation Strategy*, IGBP Report No. 48/IHDP Report No. 10, IGBP, Stockholm, 125 pp.
- Lambin, E.F. Modeling and Monitoring land-cover change processes in tropical regions. *Progress in Physical Geography* 21(3), 1997, p 375-393

- Laurance, W.F., Cochrane, M.A., Bergen, S., Fearnside, P.M., Delamônica, P., Barber, C., D'Ángelo, S., Fernandes, T. 2001. The future of Brazilian Amazon. *Science*, vol. 291, January.
- Lean, J., C.B. Bunton, C.A. Nobre, e P.R. Rowntree. 1996. The simulated impact of Amazonian deforestation on climate using measured ABRACOS vegetation characteristics. In: *Amazonian Deforestation and Climate*. Gash, J.H.C., Nobre, C.A., Roberts, J.R., Victoria, R.L., (editores), John Wiley & Sons, Chichester, UK, pp. 549-576.
- Leopoldo, P.R., Franken, W., and Matsui, E., 1985. Hydrological aspects of the tropical rainforest in the central Amazon. Ch. 7, in *Change in the Amazon Basin, Vol 1. Man's impact on forests and rivers*. Ed J.Hemming. Manchester University Press, Manchester, U.K. 222 pp.
- Leopoldo, P.R., W. Franken, and N.A. Villa Nova. 1995. Real evapo-transpiration and transpiration through a tropical rainforest in central Amazonia as estimated by the water balance method. *Forest Ecology and Management* 73:185-195.
- Leopoldo, P.R., W. Franken, E. Matsui, J. Salati. 1982. Estimativa de evapotranspiração de floresta amazônica de terra firme. *Acta Amazonica (Suppl)*, 12:23-28.
- Leopoldo, P.R., W. Franken, W., and E. Matsui. 1984. Hydrological aspects of the tropical rainforest in Central Amazon. *Interciencia*, 9:125-131.
- Lesack, L.F.W., 1993. Water balance and hydrologic characteristics of a rainforest catchment in the central Amazon basin. *Water Resources Research*, 29:759-773.
- Lewinsohn, T.M. **Conhecimento da Biodiversidade no Brasil: Aportes Iniciais para a Implementação da Convenção sobre Diversidade Biológica e para a Formulação de uma Política – Avaliação do Estado do Conhecimento da Diversidade Biológica no Brasil. Primeiro Relatório.** Campinas, NEPAM/UNICAMP, 1997.
- Lewinsohn, T.M. *Conhecimento da Biodiversidade no Brasil: Aportes Iniciais para a Implementação da Convenção sobre Diversidade Biológica e para a Formulação de uma Política – Avaliação do Estado do Conhecimento da Diversidade Biológica no Brasil. Primeiro Relatório.* Campinas, NEPAM/UNICAMP, 1997.
- Lleras, E.; Leite, A.M.C.; Scariot, A.O. & Brandão, J.E.M. de S. 1992. **Definição de Áreas de Alta Diversidade e Endemismo na Amazônia Brasileira.** Relatório do Projeto BRA/89/006 (Selected Baseline Data for Compilation and Processing, and Training for Systematic Agroecologic-Economic Zoning for Sustainable Development of the Amazon Region) apresentado ao PNUD e à FAO. 63 pp
- Machado, L., 1998. A fronteira agrícola na Amazônia. In: *Geografia e Meio Ambiente no Brasil*. Edited Becker, B.K. et al.. São Paulo, Hucitec.
- Marengo, J.A., J.R. Miller, G.L. Russell, G.I. Rosenzweig, and others, 1994. Calculations of river-runoff in the GISS GCM – impact of a new land-surface parameterization and river routing model on the hydrology of the Amazon River, *Climate Dynamics*, 10, 349-361.

- Marengo, J.A., Tomasella, J., Uvo, C.R. 1998. Long-term streamflow and rainfall fluctuations in tropical South-America: Amazonia, East Brazil and Northwest Peru. *Journal of Geophysical Research*, 103(D2), 1775-1783.
- Margules, C.R.; Pressey, R.L. Systematic conservation planning. *Nature* **405**(6783): 243-253. 2000.
- Margules, C.R.; Pressey, R.L. Systematic conservation planning. *Nature* **405**(6783): 243-253. 2000.
- Matos, M de, 2001, O Conhecimento como fator de Produtividade, CNPq, Brasília
- May, R. 1974, "Stability and Complexity in Model Ecosystems", Princeton University Press, Princeton, New Jersey
- McDonald, M.G., e A.W. Harbaugh. 1988. A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 6, chap. A1, 586 p.
- MMA –Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Primeiro Relatório para a Convenção sobre a Diversidade Biológica – Brasil**. Brasília, 1998.
- Molnier, M., K.J. Cudo, and V. Guimarães, 1992. Disponibilidade de água na Bacia Amazônica, In: FOREST 92: Estudos ambientais em florestas tropicais úmidas, Rio de Janeiro.
- Nelson, B.W. Inventário florístico na Amazônia e a escolha racional de áreas prioritárias para conservação. In: Val, A.L.; Figliuolo, R.; Feldberg, E. (eds.) **Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento na Amazônia: Fatos e Perspectivas**. Vol 1. INPA, Manaus, 1991. Pp 173-183.
- Nelson, B.W.; Ferreira, C.A.C.; Silva, M.F. Kawasaki, M.L. Endemism centres, refugia and botanical collection density in Brazilian Amazonia. *Nature* **345**:714-716. 1990.
- Nelson, B.W.; Oliveira, A.A. Avaliação e ações prioritárias para a conservação do bioma Floresta Amazônicas. Área Botânica. In: MMA. **Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Amazônia**. PROBIO-Programa Nacional da Diversidade Biológica, MMA, Brasília. 1999.
- Nepstad, D.C., de Carvalho, C.R., Davidson, E.A., Jipp, P.H., Lefebvre, P.A., Negreiros, G.H., da Silva, E.D., Stone, T.A., Trumbore, S.E. and Vieira, S., 1994. The role of deep roots in the hydrological and carbon cycles of Amazonian forests and pastures. *Nature* 372:666-669.
- Nobre, C.A., P.J. Sellers, and J. Shukla, 1991. Amazonian deforestation and regional climate change, *J. Climate*, 4, 987-998.
- Nobre, P. e J. Shukla. 1996. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over tropical Atlantic and South America. *J. Climate*, 9:2464-2479.
- Nortcliff, S., e J.B. Thornes. 1978. Water and cation movement in a tropical rainforest environment: 1. Objectives, experimental design and preliminary results. *Acta Amazonica*, 8, 245-258.

- Nortcliff, S., e J.B. Thornes. 1981. Seasonal variations in the hydrology of a small forested catchment near Manaus, Amazonas, and its implications for management. Ch. 2.2, in: *Tropical Agricultural Hydrology*. Eds R. Lal and E.W. Russell. John Wiley, New York. Pp 37-57.
- Nortcliff, S., e J.B. Thornes. 1984. Floodplain response of a small tropical stream. Ch. 5 in: *Catchment experiments in fluvial geomorphology*, Eds T.P.Burt and D.E.Walling. Geo Books, Norwich, UK. pp73-85.
- Nortcliff, S., Ross, S.M., and Thornes, J.B., 1990. Soil moisture, runoff and sediment yield from differentially cleared tropical rainforest plots. Ch.25, in *Vegetation and Erosion*, ed J.B.Thornes. John Wiley, Chichester, UK. pp. 419-436.
- Oliveira, A.A.; Ferreira, L.V.; Lleras Perez, E.; B.W. Nelson, B.W.; Almeida S.S. A Flora Fanerogâmica Amazônica: Composição, Diversidade, Endemismo e Conservação (tema de mesa redonda: 53o Congresso Nacional de Botânica, julho de 2002, Recife).
- Oliveira, A.A.; Ferreira, L.V.; Lleras Perez, E.; B.W. Nelson, B.W.; Almeida S.S. A Flora Fanerogâmica Amazônica: Composição, Diversidade, Endemismo e Conservação (tema de mesa redonda: 53º Congresso Nacional de Botânica, julho de 2002, Recife).*
- Oliveira, A.A.; Nelson, B.W. Floristic relationships of terra firme forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management** 146(1-3):169-179. 2001.
- Olson, D.M.; Dinerstein, E.; Wikramanayake, E.D.; Burgess, N.D.; Powell, G.V.N.; Underwood, E.C.; D'Amico, J.A.; Itoua, I.; Strand, H.E.; Morrison, J.C.; Loucks, C.J.; Allnutt, T.F.; Ricketts, T.H.; Kura, Y.; Lamoreux, J.F.; Wettengel, W.W.; Hedao, P.; Kassem, K.R. Terrestrial ecoregions of the worlds: A new map of life on Earth. **Bioscience** 51(11):933-938. 2001.
- Oren, D.C.; Albuquerque, M.G. Priority areas for new avian collections in Brazilian Amazonia. **Goeldiana (Zoologia)** 6: 1-11.1991.
- Ortigosa, G.R.; De Leo, G.A.; Gatto, M. VVF: integrating modelling and GIS in a software tool for habitat suitability assessment. **Environmental Modelling & Software** 15:1-12. 2000.
- Patton, J.L.; Da Silva, M.N.F.; Malcolm, J.R. Mammals of the Rio Jurua and the evolutionary and ecological diversification of Amazonia. **Bulletin of the American Museum of Natural History** (244):1. 2000.
- PAROLIN, P. (2000): Growth, Productivity and Use of Trees in White water Floodplains. em: Junk, W.J., Ohly, J.J., Piedade, M.T.F. & Soares, M.G.M. (eds.): *The Central Amazon Floodplain: Actual Use and Options for a Sustainable Management*, Leiden. p. 375-388
- Peres CA, Patton JL, daSilva MNF Riverine barriers and gene flow in Amazonian saddle-back tamarins. **Folia Primatologica** 67(3):113-124. 1996
- PIEIDADE, M.T.F., WORBES, M. & JUNK, W.J. 2001: Geo-ecological controls on elemental fluxes in communities of higher plants in Amazonian floodplains.- In:

- McClain, M.E., Victoria, R.L. & Richey, J.E. (eds.): The Biogeochemistry of the Amazon Basin.- Oxford University Press. pp 209-234.
- Pfaff, A.S.P., 1999. What drives deforestation in the Brazilian Amazon ? Evidence from
Prance, G.T. The origin and evolution of the Amazon Flora. **Interciencia** 3(4):207-222.
1978.
- Pressey R.L.; Logan V.S. 1998. Size of selection units for future reserves and its influence on actual vs targeted representation of features: a case study in western New South Wales. *Biological Conservation* 85(3): 305-319.
- Pressey, R.L.; Hager, T.C.; Ryan, K.M.; Schwarz, J.; Wall, S.; Reffier, S.; Creaser, P.M. 2000. Using abiotic data for conservation assessments over extensive regions: quantitative methods applied across New South Wales, Australia. *Biological Conservation* 96:55-82.
- Pressey, R.L.; Whish, G.L.; Barret, T.W.; Watts, M.E. 2002. Effectiveness of protected areas in north-eastern New South Wales: recent trends in six measures. *Biological Conservation* 106:57-69.
- Reis, E., Margulis, S. 1991. Options for slowing Amazon jungle clearing. In: Dornbusch, R. and Poterba, J.M. (eds.) *Global Warming: economic policy responses*, 335-80. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Reis, E., Guzmán, R. 1994. An econometric model of Amazon Deforestation. In: Brown, K. and Pearce, D. (eds.) *The causes of tropical deforestation, the economic and statistical analysis of factors giving rise to the loss of tropical forests*, , 172-91. University College London Press, London.
- Reed, W.J., Ye, J.J, “Cost-Benefit Analysis Applied to Wilderness Preservation-Option value Uncertainty and Ditoncity”, in *Natural resources Modeling*, vol. 8, pp 335-372.
- Ricotta, C.; Ferrari, M.; Avena, G. Using the scaling behaviour of higher taxa for the assessment of species richness. *Biological Conservation* 107:131-133. 2002.
- Rodrigues, A.S.L.; Gaston, K.J. 2002. Optimisation is reserve selection procedures – why not? *Biological Conservation* 107:123-129.
- Ross, S.M., Thornes, J.B. and Nortcliff, S., 1990. The Maracá rainforest Project, II. Soil hydrology, nutrient and erosional response to the clearance of terra firme forest, Maracá Island, Roraima, northern Brazil. *The Geographical Journal*, 156:267-282.
- Roy, P.S.; Tomar, S. 2000. Biodiversity characterization at landscape level using geospatial modelling technique. *Biological Conservation* 95:95-109.
- Rudel, T.K., 1989. Population, development and tropical deforestation: A cross-national study. *Rural sociology*, 54(3), 327-338.
- Safran, E. B.,T. Dunne, E. P. da Silva Filho, and J. Mortatti, Soil properties and runoff processes on forested and deforested hillslopes in Amazonia. In prep.
- Santos, M. 1996. *Por uma geografia nova*. 4a edn. São Paulo, HUCITEC.
- Schimel, D., Alves, D., Enting, I.G., Heimann, M., Joos, F., Raynaud, D., and Wigley, T.M.L., 1996. Radiative Forcing of Climate Change. In: *Climate Change 1994:*

The Science of Climate Change (IPCC 1995 Vol. 1), edited by J.T.Houghton *et al.*, (Cambridge: Cambridge University Press), pp. 76-86.

- Scheiner, R.R., Arima, E., Veríssimo, A., Barreto, P., Souza Jr, C. *Amazônia Sustentável: limitantes e oportunidades para o desenvolvimento rural*. Série Parcerias. Banco Mundial e Imazon, 2000.
- Scott J.M.; Davis F.; Csuti B.; Noss R.; Butterfield B.; Groves C.; Anderson H.; Caicco S.; Derchia F.; Edwards T.C.; Ulliman J.; Wright R.G. Gap analysis - a geographic approach to protection of biological diversity. **Wildlife Monographs** (123):1-41. 1993.
- Shuttleworth, W.J., J.H.C. Gash, J.M. Roberts, C.A. Nobre, L.C.B. Molion, e N.M.G. Ribeiro. 1991. Pos deforestation Amazonian climate: Anglo-Brazilian Research to improve prediction. *J. Hydrol.* 129:71-86.
- Sierra, R.; Campos, F.; Chamberlin, J. Assessing biodiversity conservation priorities: ecosystem risk and representativeness in continental Ecuador. **Landscape and Urban Planning** 59:95-110. 2002.
- Silva, M.N.F.; Patton, J.L. Molecular phylogeography and the evolution and conservation of Amazonian mammals. *Molecular Ecology* 7(4):475-486. 1998.
- Silva, M.N.F.; Patton, J.L. Molecular phylogeography and the evolution and conservation of Amazonian mammals. *Molecular Ecology* 7(4):475-486. 1998.
- Simpson B.B. Haffer J. Speciation Patterns in Amazonian Forest Biota. *Annual Review of Ecology and Systematics* 9:497-518. 1978.
- Simpson B.B. Haffer J. Speciation Patterns in Amazonian Forest Biota. *Annual Review of Ecology and Systematics* 9:497-518. 1978.
- Soares Filho, B.S. Modelagem dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica. Tese de doutorado. – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.
- Solomonovith M., Freedman H. I., L.P. Apedaile, S. G. M. Schlizzi, L. Belostostki, “Stability and Bifurcations in an Environmental Recovery Model of Economic Agriculture –Industry Interactions” , *Natural Resources Modeling*, Vol. 11, numb. 1, pp 35-79.
- Strittholt, J.R.; Boerner, R.E.J. Applying biodiversity gap analysis in a regional nature reserve design for the Edge of Appalachia, Ohio (USA). **Conservation Biology** 9(6):1492-1505. 1995.
- Strittholt, J.R.; Boerner, R.E.J. Applying biodiversity gap analysis in a regional nature reserve design for the Edge of Appalachia, Ohio (USA). **Conservation Biology** 9(6):1492-1505. 1995.
- Tiktak, A. e W. Bouten. 1992. Modelling soil water dynamics in a forested ecosystem. III: Model description and evaluation of discretization. *Hydrol. Processes*, 6:455-465.
- Tomasella, J., e M.G. Hodnett. 1996. Soil hydraulic properties and van Genuchten parameters for an oxisol under pasture in Central Amazônia. In: *Amazonian Deforestation and Climate*. Gash, J.H.C., Nobre, C.A., Roberts, J.R., Victoria, R.L., (editores), John Wiley & Sons, Chichester, UK, pp. 101-124.

- Tomasella, J., e M.G. Hodnett. 1997. Estimating unsaturated hydraulic conductivity of Brazilian soils using the soil-water retention data. *Soil Science*, 162:703-712.
- Tomasella, J., Hodnett, M.G. 1998. Estimating soil water retention characteristics from limited data in Brazilian Amazonia. *Soil Science*, 163:190-202.
- Underhill L.G. Optimal and Suboptimal Reserve Selection Algorithms. **Biological Conservation** 70(1):85-87. 1994.
- Vanzolini, P.E.; Williams, E.E. South American Anoles: the geographic differentiation and evolution of the *Anoles chrysolepis* species group (Sauria, Iguanidae). **Arquivos de Zoologia** 19:1-298. 1970.
- Vanzolini, P.E.; Williams, E.E. South American Anoles: the geographic differentiation and evolution of the *Anoles chrysolepis* species group (Sauria, Iguanidae). **Arquivos de Zoologia** 19:1-298. 1970.
- Veldkamp, A., Fresco, L.O., 1996, CLUE: a conceptual model to study the Conversion of Land Use and its Effects. *Ecological Modelling*, 85, 253-270.
- VELDKAMP, A., LAMBIN, E.F. Editorial: Predicting land-use change. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2001, 85, 1-6.
- VERBURG, P.H., DE KONING, G.H.J., KOK, K., VELDKAMP, A., BOUMA, J. A spatial explicit allocation procedure for modelling the pattern of land use change based upon actual land use. *Ecol. Model.* , 1999, 116, 45–61.
- VERBURG, P.H., VELDKAMP, A. The role of spatially explicit models in land use change research sequences – a case study for cropping patterns in China. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 2001, 85, 177–190.
- Vertessy, R.A., T.J. Hatton, P.J. O'Shaughnessy, M.D.A. Jayasuriya. 1993. Predicting water yield from a mountain ash forest catchment using a terrain analysis based catchment model. *J. Hydrology*, 150:665-700.
- Vorosmarty, C.J., B. Moore, and others, 1989. Continental-scale models of water balance and fluvial transport: an application to South America, *Global Biogeochemical Cycles*, 3, 241-265.
- Wetterberger, G.B.; Pádua, M.T.J.; Castro, C.S.; Vasconcellos, J.M.C. Uma análise de prioridades de conservação da natureza na Amazônia. **Projeto Desenvolvimento Florestal (PRODEPEF) PNUD/FAO/IBDF/BRA-45, Séries Técnicas** 8:1-63. 1976.
- Wetterberger, G.B.; Pádua, M.T.J.; Castro, C.S.; Vasconcellos, J.M.C. Uma análise de prioridades de conservação da natureza na Amazônia. **Projeto Desenvolvimento Florestal (PRODEPEF) PNUD/FAO/IBDF/BRA-45, Séries Técnicas** 8:1-63. 1976.
- White, R. W., Engelen, G. and Uljee I., 1998. Vulnerability Assessment of Low-Lying Coastal Areas and Small Islands to Climate Change and Sea Level Rise – Phase 2: Case Study St. Lucia, Report to the United Nations Environment Programme, Caribbean Regional Co-ordinating Unit, RIKS Publication, Kingston, Jamaica.
- WORBES, M., KLINGE, H., REVILLA, J.D. & MARTIUS, C. (1992): On the dynamics, floristic subdivision and geographical distribution of várzea forests in Central Amazonia. *Journal of Vegetation Science* 3: 553-564.

- WORBES, M. (1997): The forest ecosystem of the floodplains. in: Junk, W.(ed.): The central Amazon floodplain: Ecology of a pulsating system. Ecological Studies, Vol. 126, 223-265
- Wright, I.R., J.H.C. Gash, H.R. da Rocha, and J.M Roberts, 1996. Modelling surface conductance for Amazonian pasture and forest. In: Amazonian Deforestation and Climate. Gash, J.H.C., Nobre, C.A., Roberts, J.R., Victoria, R.L., (editores), John Wiley & Sons, Chichester, UK, pp. 438-457.
- Zeng, N. 1998. Understanding climate sensitivity of tropical deforestation in a mechanistic model. J. Climate, 11:1969-1975.