



Modelagem LUCC Multiescalas: modelos em escala macro, regional e local

Proposta de Tese de Doutorado em
Computação Aplicada

Evaldinolia Gilbertoni Moreira Pinto

Orientadores

Dr. Gilberto Câmara

Dra. Ana Paula Aguiar



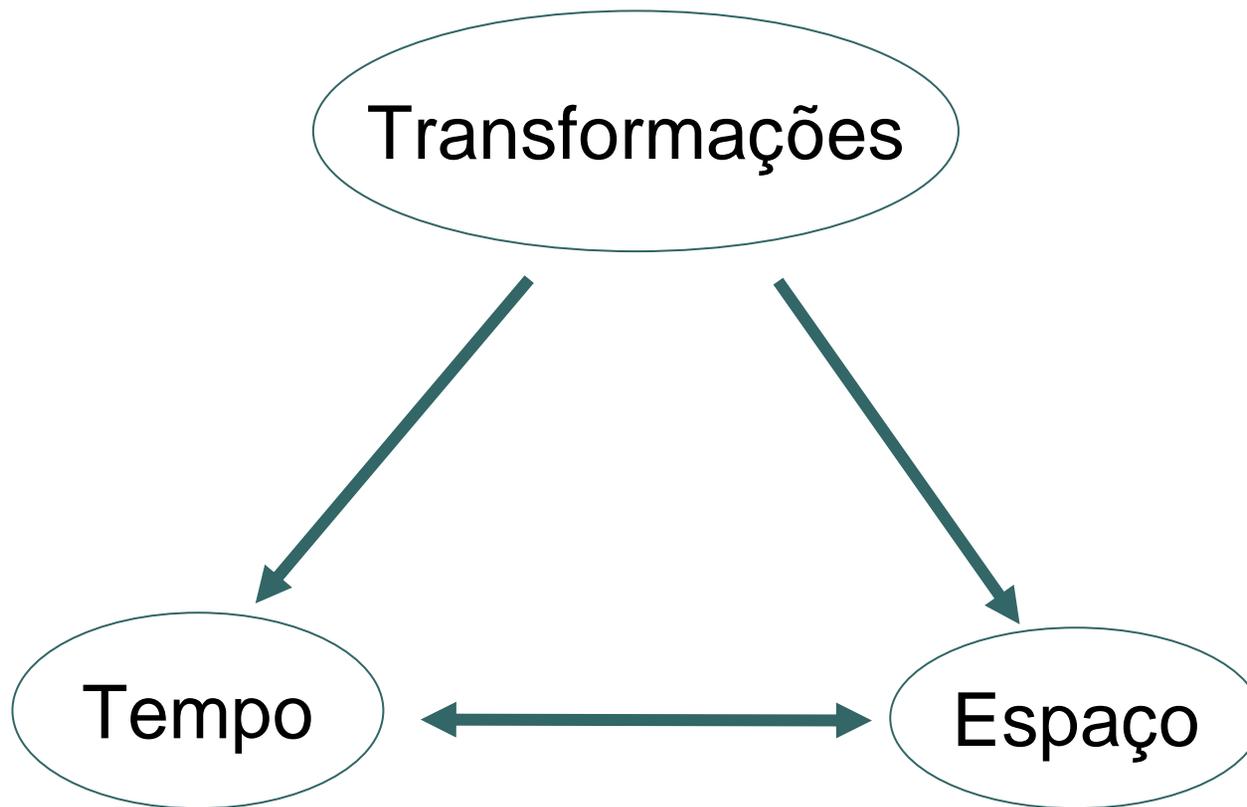


Fenômenos dinâmicos





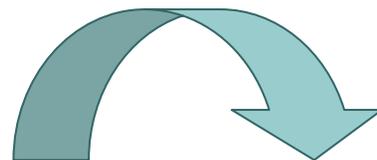
Fenômenos dinâmicos



[Almeida, 2006]



Modelos dinâmicos





Modelos LUCC (*Land Use and Cover Change*)

- Cobertura da Terra (*Land Cover*) - Atributos físicos



gramíneas



florestas



áreas construídas



água

[Briassoulis 2000 e Gutman, 2004]



Modelos LUCC

- Uso do solo (*Land use*) – uso humano



pastagem



área
residencial

área
comercial



recreação

[Briassoulis 2000 e Gutman, 2004]



Modelos LUCC (Mudanças de uso e cobertura da Terra)

- conversão e alterações entre classes



Mudança de uso e cobertura

Mudança de uso



Mudança de cobertura



Uso do espaço

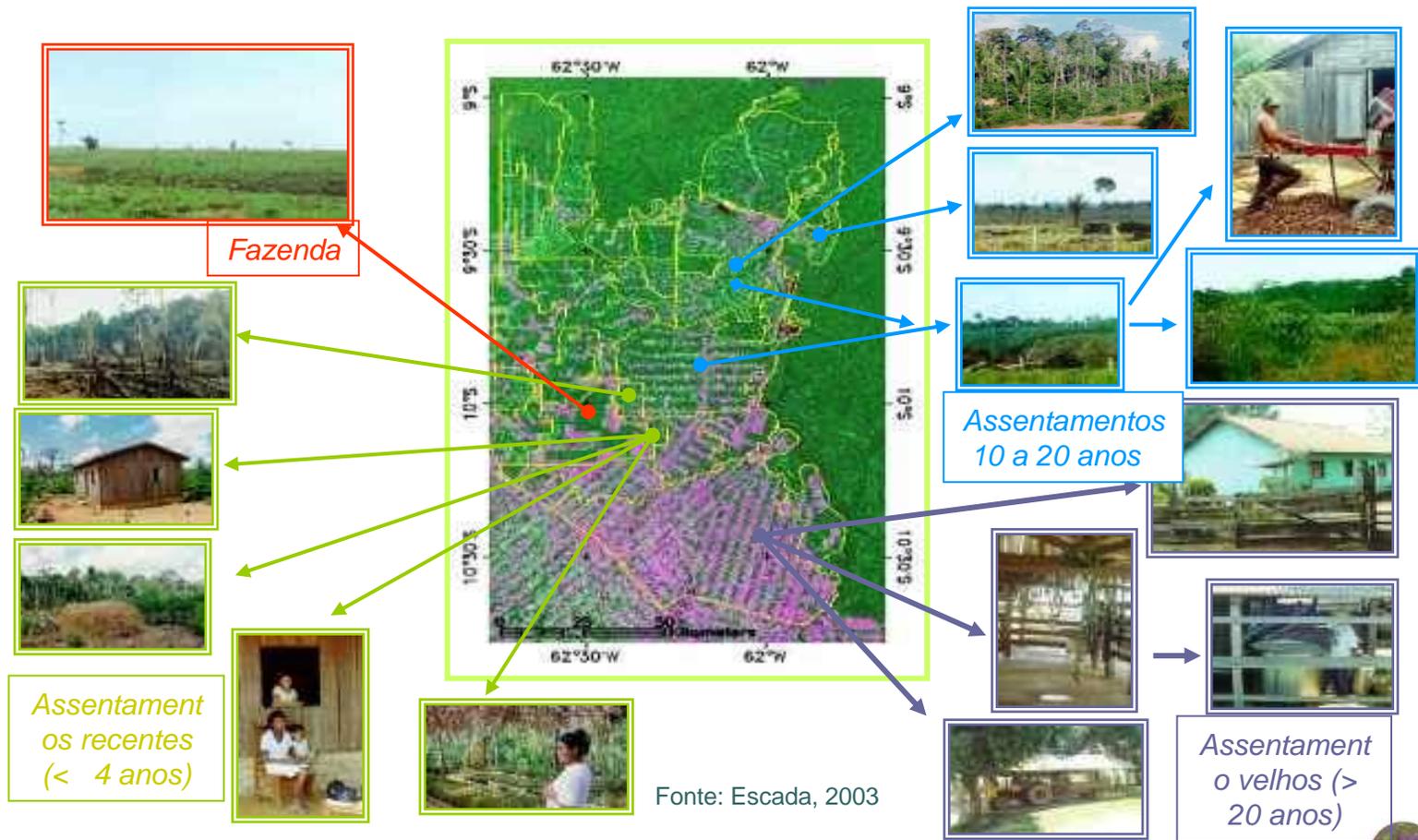


Competição por espaço



Diferentes atores

Modelar suas ações





Diferentes padrões

Fatores afetam as mudanças

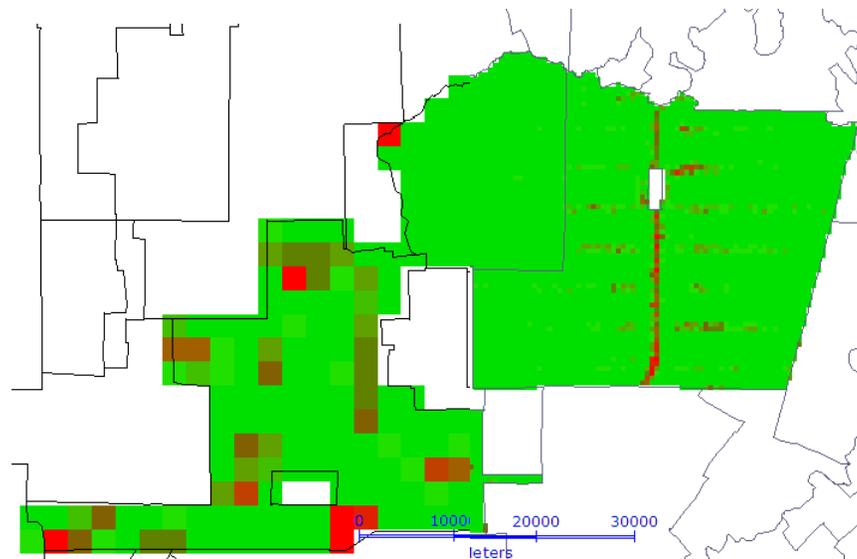
Ambiente de pequena fazenda:

500 m resolução

Variável categórica: desmatado ou floresta

Uma relação de vizinhança:

- Conexão por estradas



1985

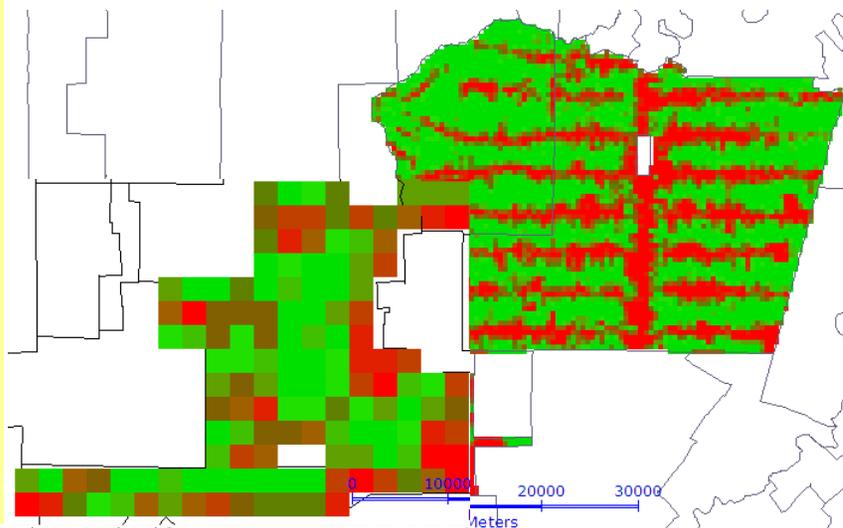
Ambientes de grandes fazendas:

2500 m resolução

Variável contínua:
% desmatamento

Duas relações de vizinhança alternativa:

- Conexão por estradas
- proximidade aos limites da fazenda



1997

Fonte: GEOMA, 2005





Escala

- **Escala** - dimensão espacial, temporal, quantitativa ou analítica usadas para medir e estudar um fenômeno
 - Extensão
 - Refere-se à magnitude da dimensão usada para medir um fenômeno
 - Tempo – dia, semana, ano, década
 - Espaço – metros, milhões de metros
 - Quantidade – número de indivíduos observados, qtd. de bens
 - Resolução
 - Refere-se a granularidade usada nas medidas
 - Resolução do pixel



Escala em modelo

- Relacionamentos entre o uso da terra e as forças determinantes estabelecidas em estudos locais não podem ser diretamente extrapolados para escalas regionais, devido a propriedades como não linearidade, emergência e comportamento coletivo (Verburg *et al.*, 2004)
- Dinâmicas regionais afetam e são afetadas por condições locais em interações *top-down* e *bottom-up* (Verburg *et al.*, 2004)
- Diferentes escalas, processos diferentes podem ter influência dominante sobre o sistema de uso da terra (Gibson *et al.*, 2000)



Pergunta Chave

- Os conceitos de modelagem multiescala permitem gerar modelos dinâmicos LUCC melhores e mais expressivos?



Pressupostos

- O estudo multiescala, multilocalidades e multiprocessos auxilia no entendimento das interações intra-regionais em processos LUCC
- Modelos LUCC desenvolvidos a partir de *nested-CA* são mais expressivos por permitirem a representação multiescalar, tornando possível o estudo de multilocalidades e multiprocessos



Objetivo

- Desenvolver modelos multiescala LUCC que melhor representem problemas reais



Hipótese

- A modelagem multiescala possibilita gerar modelos LUCC combinando diferentes abordagens, o que permite desenvolver modelos integrados



Validação da hipótese

- Desenvolver modelos multiescala de mudança de uso na Amazônia no ambiente TerraME



Como Modelar Fenômenos Dinâmicos?

- **Análise de regressão**
 - Baseada em dados indiretos (ex. censo)
 - Caracteriza a distribuição, mas não o processo
- **Autômatos celulares**
 - Interações locais gerando efeitos globais
 - Transições discretas (são realistas?)
- **Sistemas adaptativos complexos**
 - Agentes que interagem no espaço
 - Aprendem com e adaptam-se aos competidores



Modelo baseado em regressão

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_ix_i + E$$

- Estabelece relação estatística com as variáveis que são relacionadas aos fenômenos em estudo
- Hipótese básica: processos estacionários
- Exemplo: Modelo CLUE (University of Wageningen)



Análise estatística de desflorestamento

MODEL 7: $R^2 = .86$			
Variables	Description	stb	p-level
PORC3_AR	Percentage of large farms, in terms of area	0,27	0,00
LOG_DENS	Population density (log 10)	0,38	0,00
PRECIPIT	Average precipitation	-0,32	0,00
LOG_NR1	Percentage of small farms, in terms of number (log 10)	0,29	0,00
DIST_EST	Distance to roads	-0,10	0,00
LOG2_FER	Percentage of medium fertility soil (log 10)	-0,06	0,01
PORC1_UC	Percentage of Indigenous land	-0,06	0,01

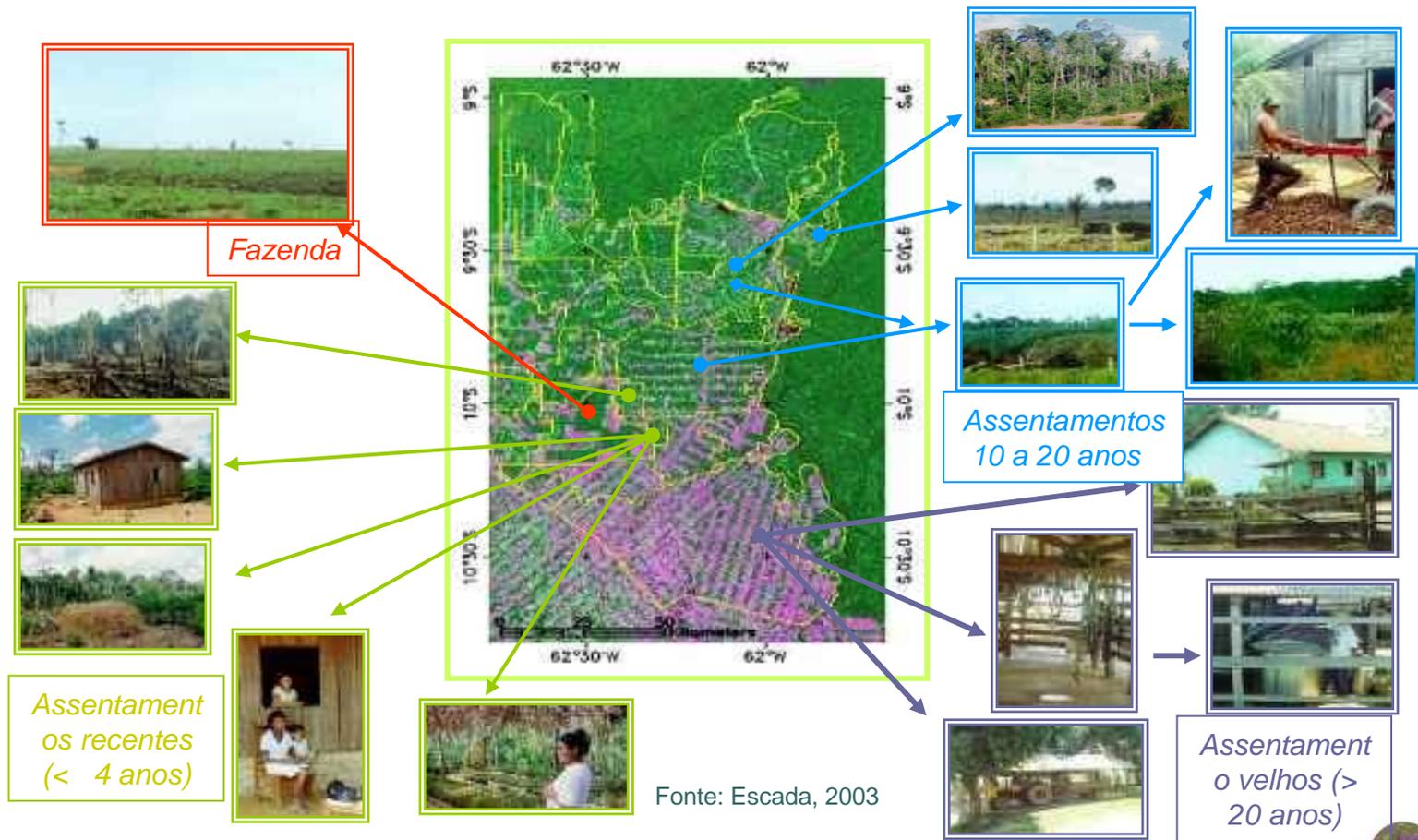


Dificuldades com a estatística

- Extrapolação de tendências das medidas atuais
- Como saber se o amanhã permanecerá como hoje?
- Como incorporar *feedbacks*?

Agentes e CA

Identificar diferentes atores e modelar suas ações





Dificuldades sobre agentes

- Muitos modelos baseados em agentes tem como foco as causas próximas
 - Diretamente ligados às mudanças de uso da terra
 - Desmatamento: tipo de solo, distância a estradas
- E sobre as forças motrizes subjacentes?
 - Remotas em espaço e tempo
 - Opera em níveis hierárquicos mais altos
 - Mudanças macroeconômicas e mudanças de política

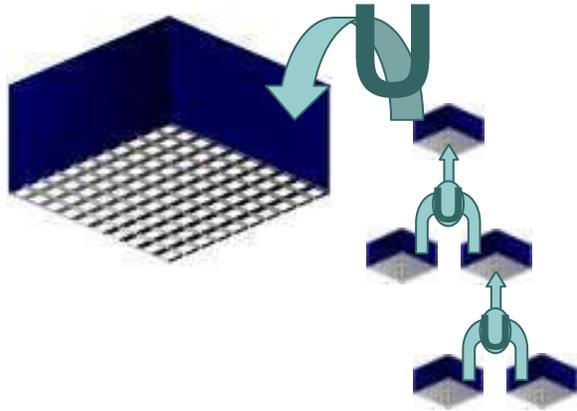


Dificuldades sobre agentes

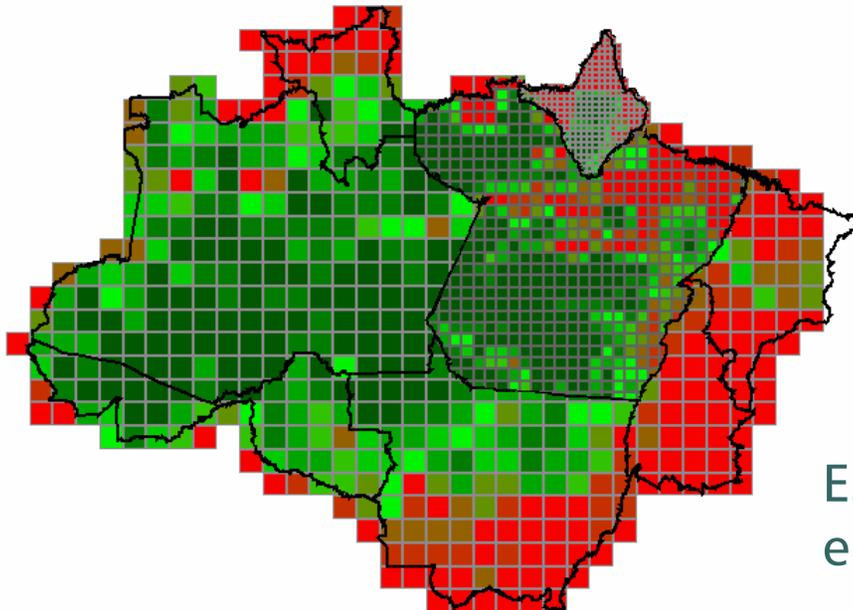
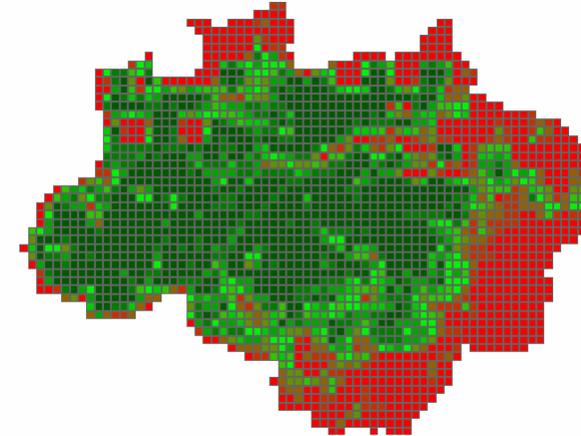
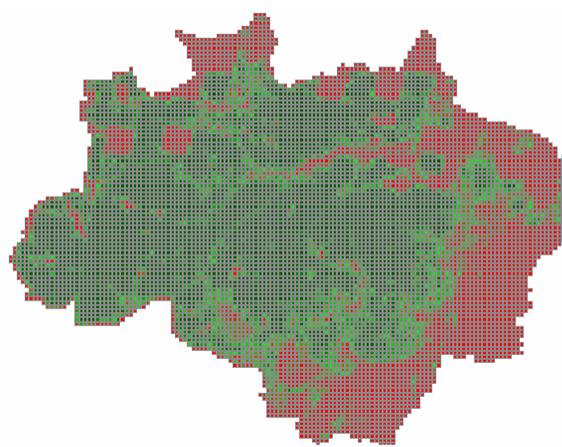
- A confusão entre determinantes espaciais e causas subjacentes tem levado a uma ênfase exagerada em fatores como estradas, tipos de solo ou topografia como *causas* de desflorestamento (Veldkamp e Lambin, 2001).



Nested Cellular Automata



Ambientes podem ser aninhados



Modelagem multiescala

Espaço pode ser modelado em diferentes escalas



Limitações e alternativas para modelos LUCC

Modelo	Limitação para modelos LUCC	Alternativa
AC estendido	<ul style="list-style-type: none">• Aplicação de um conjunto de regras em todo espaço celular	uso de modelos baseados em agente imerso dentro um espaço celular (Parker, Berger et al. 2001; Batty 2005)
Baseado em agentes que usam uma única escala	<ul style="list-style-type: none">• Não representar comportamento dependente de escala aspecto crucial de paisagem e dinâmica humana	Modelo CA em camadas (Straatman, Hagen et al. 2001)
Modelo AC em camadas	<ul style="list-style-type: none">• Requer uma decisão sobre a estratificação do espaço onde cada célula é dependente de uma célula pai e controles várias células filhas• A CA estendido em camadas falha em prover apoio adequado para modelagem em multiescala já que controla só camadas de resoluções espaciais fixas	<i>nested-CA</i>

Fonte: Carneiro, 2006



Processos clássicos de modelagem

- Construção da base de dados
- Construção do modelo
- Parametrização do modelo
- Calibração/verificação
- Validação do modelo
- Execução e Visualização do Modelo e Análise de Relatórios
- Projeção de cenários



Definições

- **Parametrização**

- Métodos ou rotinas para conferir pesos às variáveis independentes

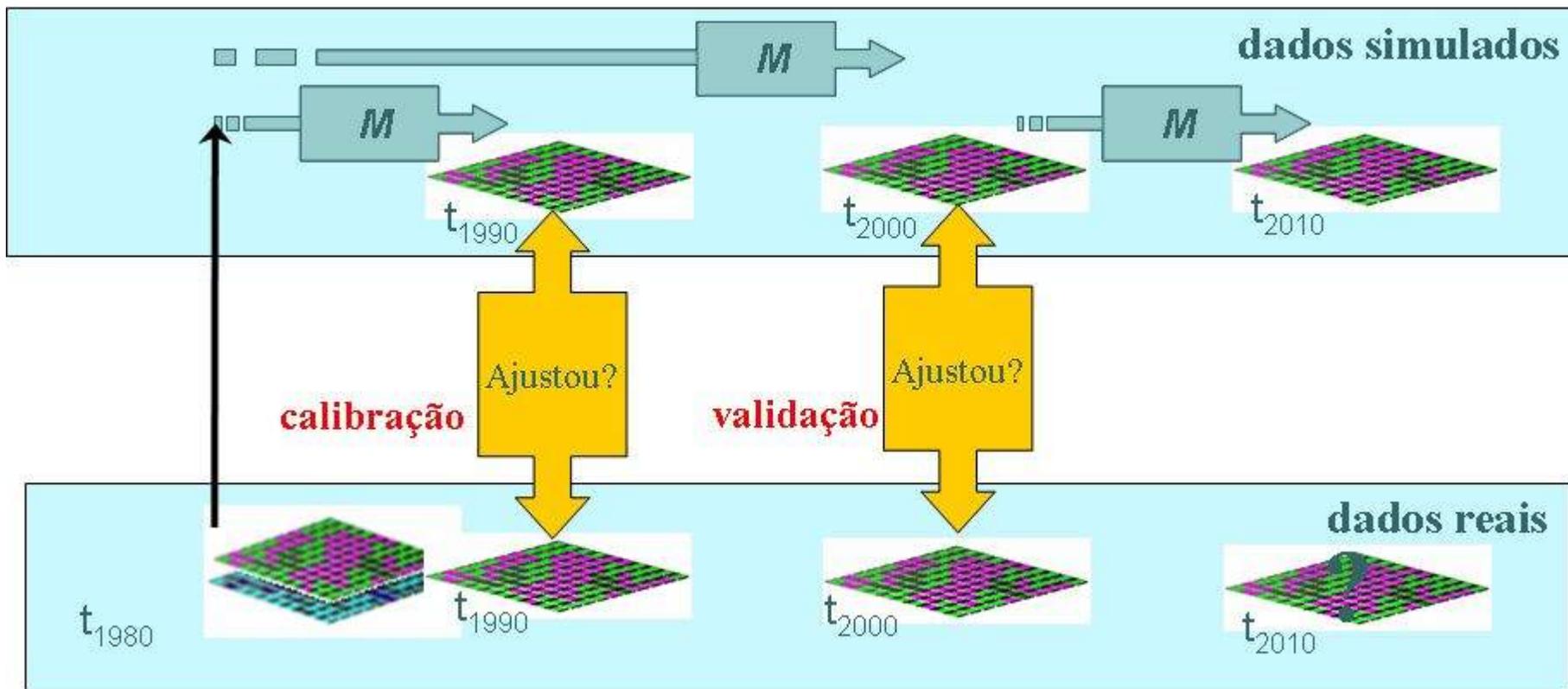
- **Calibração**

- Procedimento iterativo de ajuste de parâmetros através de repetidas comparação entre a cena real e a simulada visando à aproximação entre elas

- **Validação**

- Envolve a comparação dos dados simulados com aqueles obtidos pela observação ou medidos no sistema real

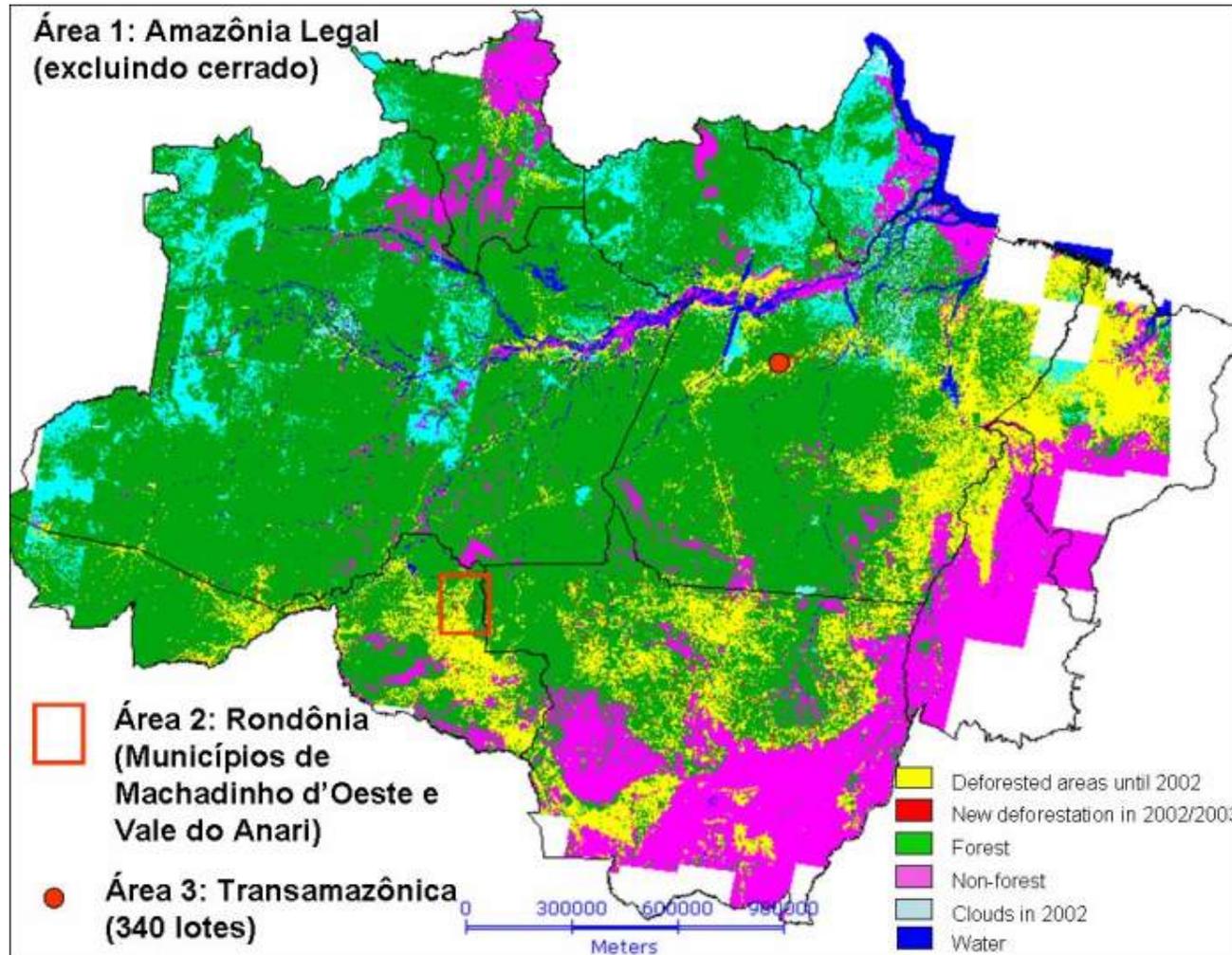
Calibração e validação do modelo





Metodologia

Área de estudo



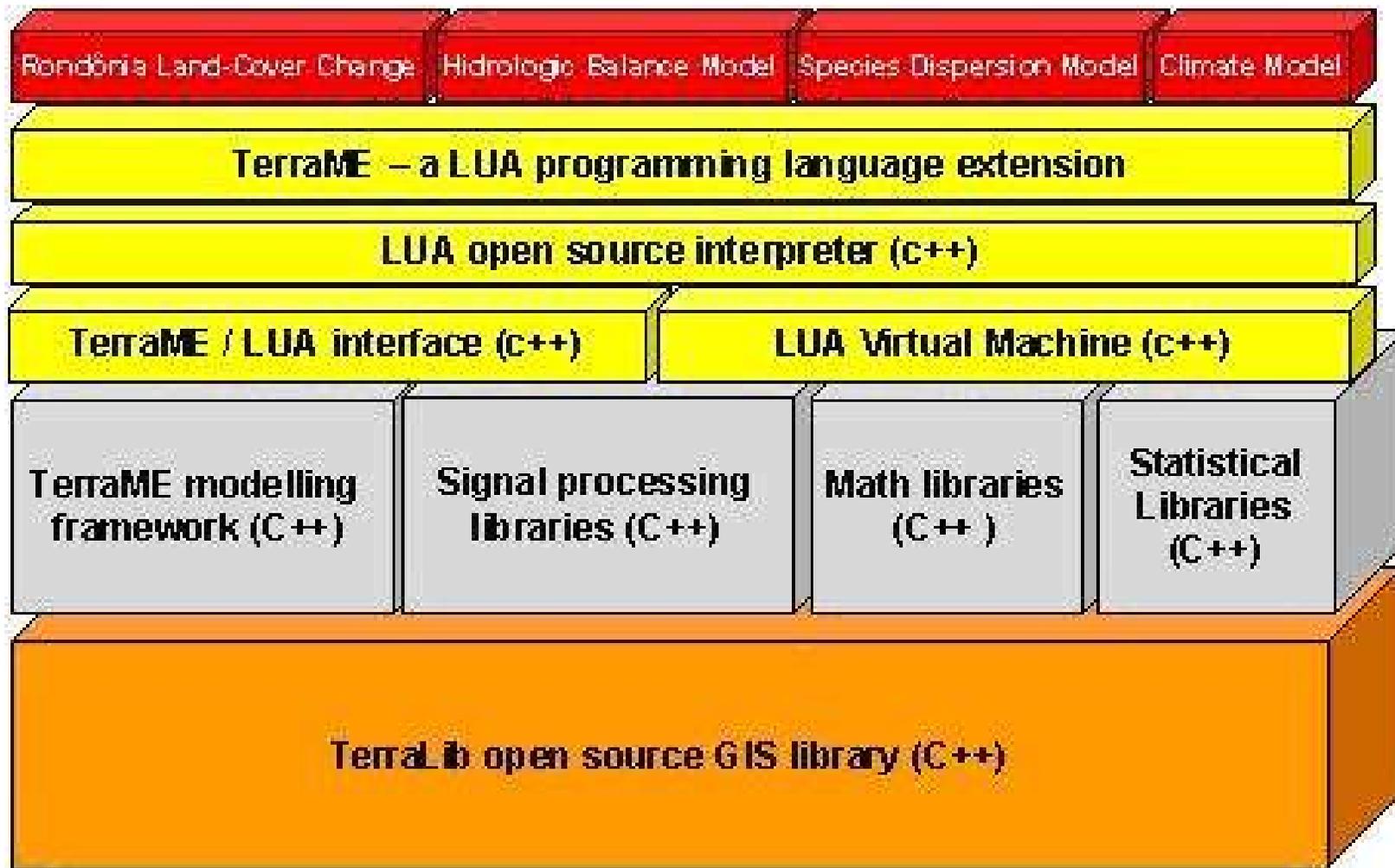
Área 1:
Escala Macro

Área 2:
Escala Meso

Área 2:
Escala Micro

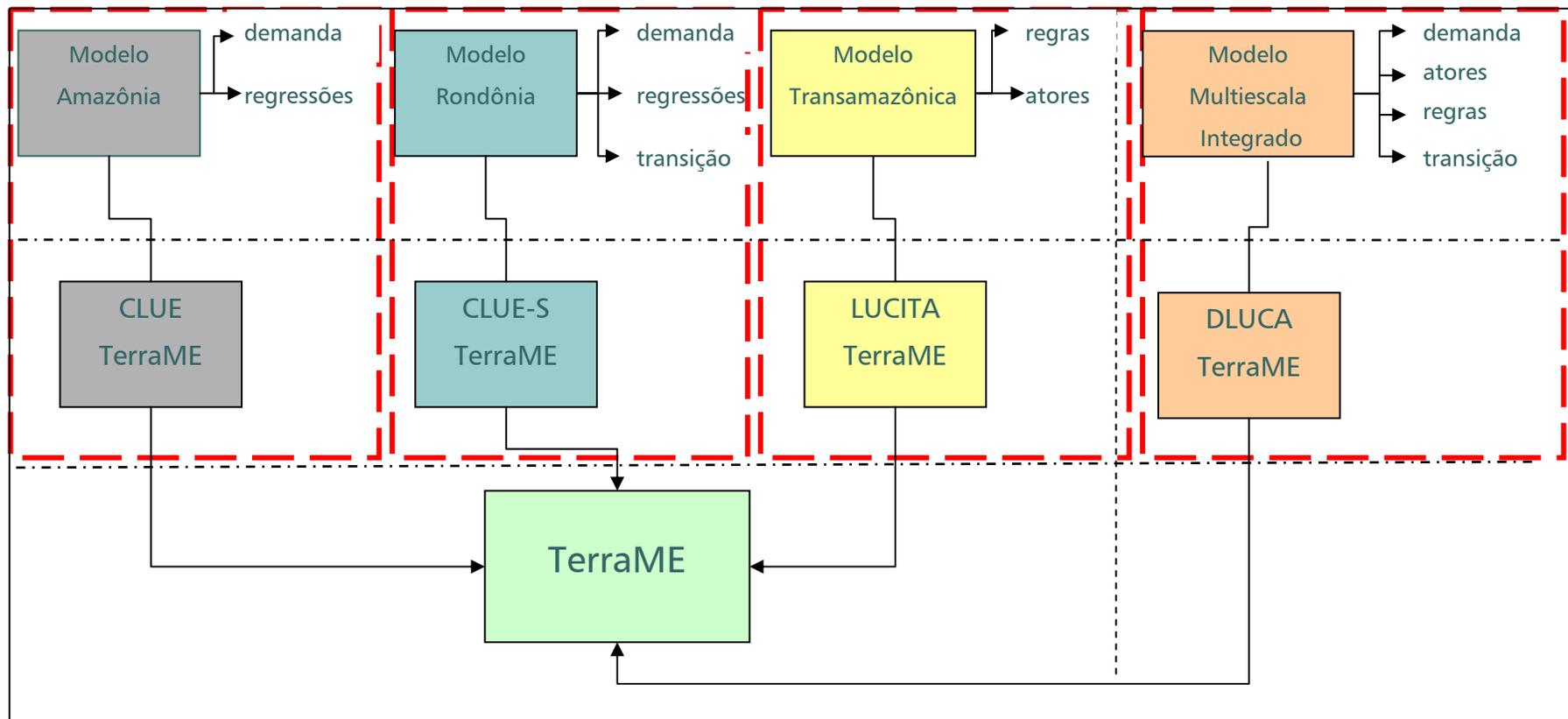


Ferramenta



Fonte: Carneiro, 2006





CLUE - *Conversion of Land Use and its Effects*

CLUE-S - *Conversion of Land Use and its Effects at Small regional extent*

LUCITA - *Land Use Change In The Amazon*

DLUCA - *Dynamic Land Use Change in the Amazon*

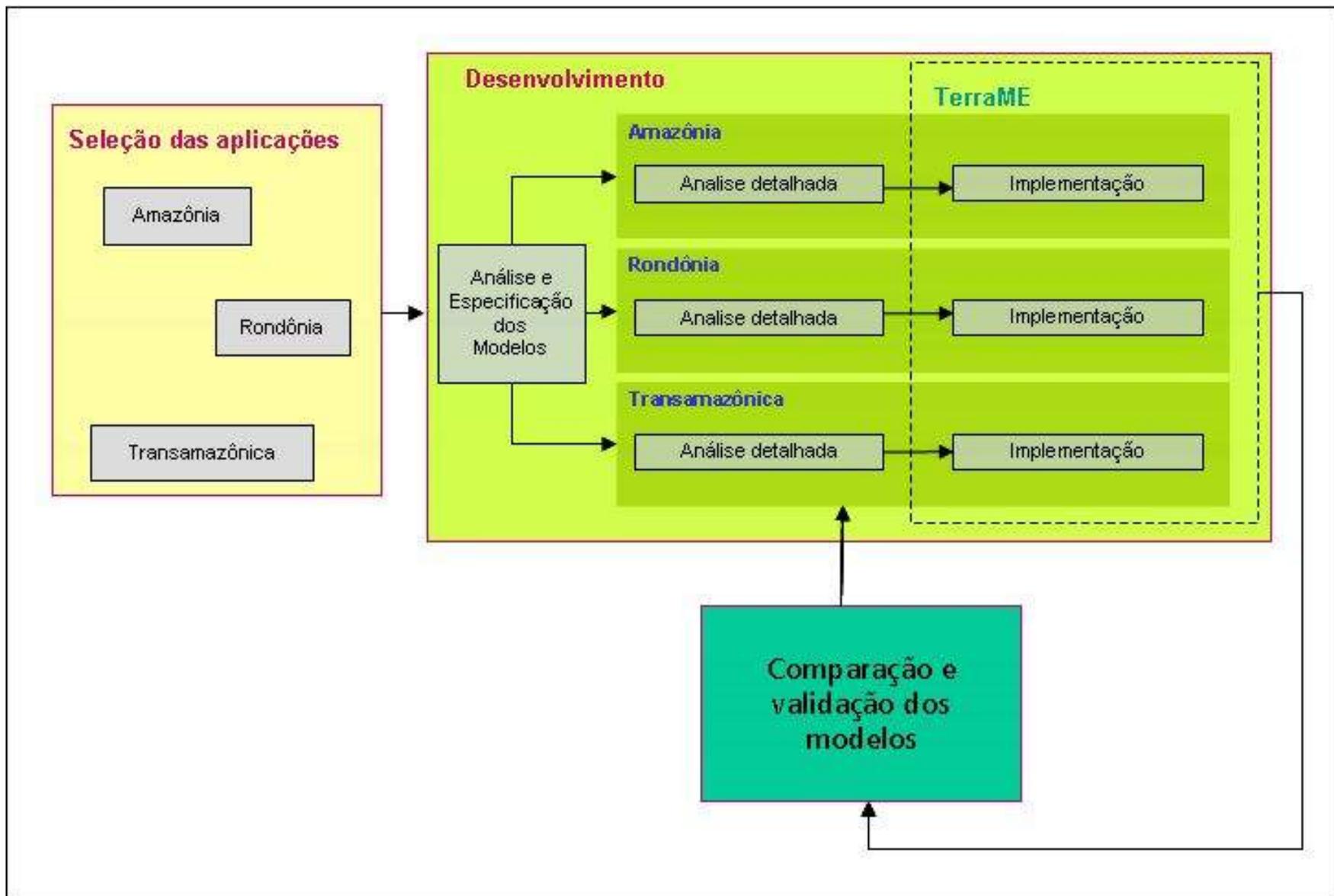


Modelo multiescala dinâmico

- Acoplamento dinâmico dos modelos para escalas distintas
- Exemplo
 - CLUE trabalha em 3 escalas
 - Uma quarta escala será acrescentada para as áreas dos estudos localizados
 - Acoplando algumas células da análise regional, visando analisar o balanço entre os mecanismos *top-down* e *bottom-up*
 - Sistema distribuiria a demanda para as escalas regionais
 - Taxas de mudança serão alocadas mais detalhadamente na quarta escala, considerando os fatores locais empregados na análise estatística e modelos de alocação apropriados



Síntese da metodologia





Contribuições do Trabalho

- Adequar suporte computacional para expressar mais realisticamente modelos LUCC
- Desenvolvimento de modelo multiescala para região da Amazônia
- Resultados Esperados
 - Construir modelos que representem melhor a realidade
 - Obter um melhor entendimento da ocupação da Amazônia Brasileira, servindo de suporte para o planejamento de ações do governo nessa região



Cronograma

		Set 2006	Out- Dez 2006	Jan- Mar 2007	Abr- Jun 2007	Jul- Set 2007	Out- Dez 2007
Desenvolvimento de modelos no TerraME							
Análise e especificação dos modelos		X	X				
Implementação dos modelos	Amazônia		X				
	Rondônia			X			
	Transamazônica			X			
Comparação dos modelos							
Validação					X		
Documentação do trabalho							
Redação de artigos	Artigo sobre modelo macro Amazônia em TerraME. Proposta de submissão: A ser definido. Data prevista: Janeiro, 2007		X				
	Artigo sobre modelagem multi-agente em TerraME. Proposta de submissão: A ser definido. Data prevista: Abril, 2007			X			
	Opcional: modelagem meso-escala (Rondônia) em TerraME – incorporando <i>feedbacks</i> . Proposta de submissão: A ser definido. Data prevista: Junho, 2007				X		
Redação da Tese					X	X	X
Defesa da Tese							X

A photograph of a narrow stream flowing through a dense tropical forest. The water is clear, reflecting the surrounding greenery and the sky. Sunlight filters through the canopy, creating dappled light on the water's surface. The banks are lined with various tropical plants, including ferns and palm-like trees. The overall scene is vibrant and serene.

Obrigada!

Fonte: Carlos Nobre (INPE)



- *Causas próximas* locais diretamente ligadas a mudanças no uso da terra (no caso de desflorestamento, por exemplo, o tipo de solo ou a distância a estradas)
- *Forças determinantes subjacentes*, que são normalmente remotas no espaço e tempo, e operam em níveis hierárquicos mais altos, incluindo mudanças macroeconômicas e mudanças políticas. Projetar a distribuição temporal das mudanças (quanto e onde as mudanças irão ocorrer) requer uma compreensão mais profunda das forças subjacentes, incluindo demanda por *comodities* baseadas no uso da terra. A localização das mudanças é mais simples de projetar, e basicamente requer a identificação dos determinantes espaciais de mudança (causas próximas). A confusão entre determinantes espaciais e causas subjacentes tem levado a uma ênfase exagerada em fatores como estradas, tipos de solo ou topografia como *causas* de desflorestamento (Veldkamp e Lambin, 2001).



- As mudanças projetadas são espacialmente explícitas;
- Permitir a incorporação de uma ampla gama de fatores determinantes, relacionados aos padrões de uso de terra (estrutura) com base em métodos empíricos;
- Foi projetado para aplicações de grandes áreas e dados de baixa resolução, tais como dados de censos;
- Empregar uma abordagem de alocação (localização) de multi-escala, nas quais as mudanças projetadas numa resolução mais baixa influenciam mudanças em resoluções mais finas;
- Em cada escala, diferentes fatores e relações estatísticas podem ser utilizados, permitindo explorar influências de processos que ocorrem em diferentes níveis hierárquicos; e,
- Separar claramente os aspectos de projeção temporal e espacial de mudanças.
- A principal modificação adicionada por esta tese ao modelo original CLUE é a inclusão de indicadores de níveis de governança não-uniformes através da região, o que permite a exploração de cenários sobre políticas que visem o cumprimento da lei



- O arcabouço CLUE consiste de dois componentes principais, como ilustrado na Figura 5.1.6: (1) o *módulo de demanda*, que projeta a quantidade de mudança para cada classe de uso da terra; (2) o *módulo de alocação*, a componente espacial que atua em duas escalas (uma grade de resolução grosseira e outra fina) para localizar estas mudanças. O módulo de demanda é específico de cada aplicação (veja, por exemplo, aplicações CLUE prévias no Equador (De Koning et al., 1999), China (Verburg e Veldkamp, 2001; Verburg et al., 1999b), e America Central (Kok and Veldkamp, 2001.)). O cálculo de demanda pode ser baseado na análise de tendência de mudanças de taxas passadas, construção de cenários, ou modelos econômicos mais elaborados. A quantidade de mudança para cada uso de terra é passado para o módulo de alocação. O módulo de alocação utiliza um espaço celular que consiste de células de tamanho fixo para cada escala de espaço. Alocação de mudanças depende da adequação de cada célula, definida pelas relações empíricas entre os padrões de uso de terra e fatores determinantes.