



## PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS - INPE/CNPq

### FORMULÁRIO PARA SOLICITAÇÃO DE BOLSA

(Este formulário deverá ser preenchido e encaminhado à secretaria com toda a documentação exigida. A falta de um dos documentos implicará na NÃO ACEITAÇÃO do pedido).

<b>Modalidade: PIBIC</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Nova	<input type="checkbox"/> Renovação
<b>Modalidade: PIBITI</b>	<input type="checkbox"/> Nova	<input type="checkbox"/> Renovação

<b>Orientador(a): Pedro Ribeiro de Andrade Neto</b>	
<b>CPF: 803.448.525-04</b>	<b>Data de Nascimento: 02/11/1981</b>
<b>Coordenação/Departamento: CCST</b>	<b>Ramal: 7798</b>
<b>E-mail: <a href="mailto:pedro.andrade@inpe.br">pedro.andrade@inpe.br</a></b>	

<b>Bolsista: Antonio Gomes de Oliveira Junior</b>			
<b>Título do Projeto: Calibração de Modelos de Mudança de Uso e Cobertura da Terra</b>			
<b>Palavras-Chaves:</b>	<b>1. Modelagem ambiental</b>	<b>2. Amazônia</b>	<b>3. Algoritmos genéticos</b>

<p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <p>Modelos de uso da terra são importantes para melhorar a compreensão dos processos econômicos e sociais que ocorrem em uma determinada região de estudo. Durante a construção de modelos de mudança de uso e cobertura da terra, a fase de calibração depende da complexidade interna e da quantidade dos seus parâmetros, bem como do método escolhido para realizar a calibração. Modelos de uso da terra em geral possuem muitos parâmetros, além de poderem possuir um comportamento estocástico. Dados estes desafios, Fraga et al. (2010) propõem usar algoritmos genéticos para estimar os melhores valores para os parâmetros de modelos ambientais em geral.</p> <p>O principal objetivo deste projeto é investigar se a calibração automática de modelos de uso da terra da Amazônia consegue gerar resultados melhores do que a calibração manual executada em diferentes trabalhos da literatura que propõem modelos de simulação <i>top-down</i> de uso da terra para a Amazônia. Para tanto, os seguintes objetivos específicos se fazem necessários:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Projetar um arcabouço para calibração de modelos ambientais que suporte diferentes métricas de <i>goodness-of-fit</i> espaciais a serem usadas para medir a aderência dos resultados da simulação de modelos à realidade observada.</li><li>2. Implementar este arcabouço, que deverá conter várias métricas de <i>goodness-of-fit</i>, bem como um algoritmo genético para a estimação de parâmetros de modelos de mudança de uso e cobertura da terra que possa usar diferentes métricas de <i>goodness-of-fit</i>. Este arcabouço será materializado através de um pacote para a ferramenta de modelagem TerraME (Carneiro et al., 2013).</li><li>3. Calibrar modelos de mudança de uso e cobertura da terra para a Amazônia disponíveis na literatura usando os algoritmos implementados no arcabouço e compará-los com os resultados encontrados na literatura, de forma a atingir o principal objetivo deste projeto.</li><li>4. Escrever um artigo científico que descreva os principais resultados deste projeto de pesquisa.</li></ol>
---

## Metodologia:

### 1) Arcabouço de calibração de modelos

O arcabouço de calibração de modelos a ser desenvolvido neste projeto de pesquisa possui os seguintes requisitos:

- Suportar diferentes métricas de goodness-of-fit e ser extensível, permitindo que novas métricas possam ser implementadas.
- Possibilitar a simulação de um mesmo modelo repetidas vezes e com diferentes parâmetros de forma automática, sem que o usuário tenha que alterar a sua implementação.
- Suportar o algoritmo de calibração baseado em algoritmos genéticos e ser extensível, de forma que novos algoritmos de calibração sejam facilmente adicionados ao arcabouço.

O arcabouço será implementado na forma de um pacote da ferramenta de modelagem TerraME (Carneiro et al., 2013), que usa a linguagem de programação Lua (Ierusalinsky et al., 1996). Ele fornece um conjunto de conceitos essenciais para o desenvolvimento de modelos ambientais, de forma que o modelador consiga focar na descrição do modelo, sem a necessidade de controlar a simulação ou fazer interface de dados com arquivos externos. O TerraME implementa o acesso a bancos de dados espaço-temporais TerraLib (Câmara et al., 2008), de forma que outras ferramentas da família TerraLib podem ser usadas para construir os bancos de dados a serem usados nos modelos. Atualmente, ele é desenvolvido através de uma parceria entre o INPE e a Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

Todas as etapas de codificação deste projeto serão executadas seguindo uma metodologia ágil de desenvolvimento de software, com ciclos quinzenais onde serão realizadas, a cada ciclo, etapas de planejamento, análise de requisitos, projeto, codificação e testes.

### 2) Métricas de *goodness-of-fit*

Para avaliar os resultados da alocação espacial das mudanças de uso da terra nas simulações dos diferentes modelos, serão implementadas diferentes métricas de goodness-of-fit disponíveis na literatura:

- **Costanza, (1989)**. Costanza parte do pressuposto que a simples análise célula-a-célula não é capaz de avaliar corretamente a acurácia da alocação espacial de um modelo, uma vez que a mudança que deveria ser alocada em uma célula pode estar alocada numa célula imediatamente vizinha, o que não representaria necessariamente um erro de alocação espacial. Desta forma, a comparação entre o mapa de referência e o mapa simulado deve ser feita em diferentes resoluções.
- **Pontius et al. (2007)**. Pontius e colaboradores partem do pressuposto que na maioria dos modelos de uso da terra, uma grande parte da área não recebe alocação de mudanças, sendo a área com mudanças, uma pequena parcela da área total. As áreas sem mudanças, nestes casos, podem mascarar os erros de alocação. Dessa forma, esta abordagem computa apenas as áreas que receberam ou deveriam receber mudanças.
- **Diniz et al. (2013)**. Diniz e colaboradores apresentam uma métrica que combina a análise em múltiplas resoluções proposta por Costanza (1989) com a “*figure of merit*” proposta por Pontius et al. (2007).

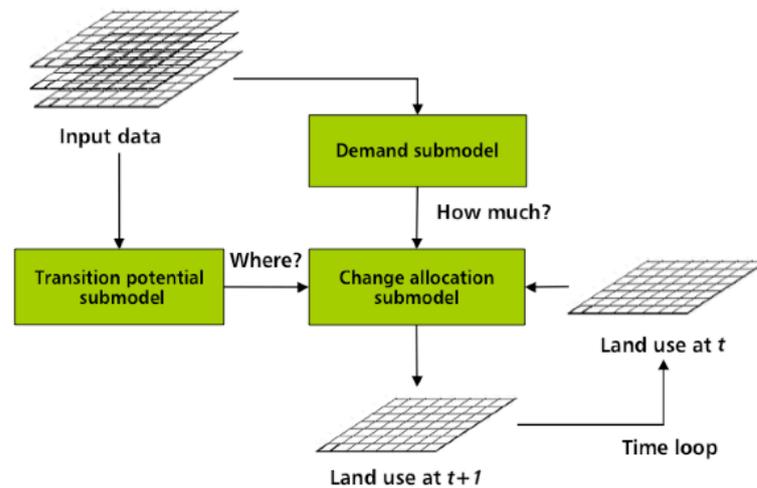
As métricas de goodness-of-fit implementadas servirão como critério de avaliação das populações de soluções geradas pelo algoritmo de calibração, sendo fundamental para garantir a qualidade dos resultados.

### 3) Algoritmo de calibração usando algoritmos genéticos

Neste projeto, seguindo o trabalho de Fraga et al., 2010, será implementado um algoritmo para a calibração automatizada de modelos *top-down* de mudança de uso e cobertura da terra. Um algoritmo genético é uma heurística computacional de busca para encontrar soluções aproximadas em problemas de otimização e busca através da aplicação de conceitos como hereditariedade, mutação, seleção natural e recombinação sobre uma população de possíveis soluções (Mitchell, 1998; Eiben and Smith, 2003).

### 4) Modelos de uso da terra

Neste trabalho, serão usados modelos de uso da terra *top-down* que estudam a evolução do desmatamento na Amazônia brasileira. Modelos *top-down* possuem três sub-modelos: potencial, demanda e alocação. O sub-modelo de potencial computa a possibilidade de mudança de uso da terra em todas as localizações da região estudada. O sub-modelo de demanda define a quantidade de mudança de uso que ocorrerá no modelo. O sub-modelo de alocação usa os resultados dos dois outros sub-modelos para executar as mudanças de uso da terra. A Figura 1 ilustra a estrutura básica dos modelos *top-down*.



**Figura 1:** Estrutura de modelos top-down.

Neste projeto, serão usados os seguintes modelos:

- O modelo SimAmazonia (Soares-Filho et al., 2006). Este modelo divide a alocação em duas partes, chamadas *patcher* e *expander*. A primeira aloca mudanças através de novos focos de desmatamento, enquanto que a segunda aloca as mudanças em locais próximos aos desmatamentos já existentes.
- O modelo proposto por Laurance et al. (2001), que aloca o desflorestamento baseado na estrutura de estradas, com maior desmatamento em áreas próximas às estradas.
- Um modelo simples que usa o método de regressão nos moldes propostos pelo modelo CLUE (Veldkamp e Fresco, 1996). Este modelo usa os pesos obtidos através do método de regressão estatística como valores para os parâmetros, alocando a mudança nas células de maior potencial.

Estes modelos já estão implementados no TerraME, e os seus bancos de dados espaciais estão disponíveis na internet através da página do TerraME ([www.terrame.org](http://www.terrame.org)). A implementação destes modelos serão disponibilizadas juntamente com o pacote desenvolvido, de forma a exemplificar as funcionalidades de calibração.

## Plano de Trabalho:

O plano de trabalho deste projeto de iniciação científica é composto das seguintes atividades:

- 1. Estudar conceitos e ferramentas.** Na primeira etapa do projeto, o bolsista estudará a estrutura de modelos top-down de uso da terra, bem como os conceitos envolvidos na construção destes modelos. É necessário também compreender o processo de calibração de modelos, as métricas de *goodness-of-fit*, bem como conceitos de computação evolutiva. O bolsista também estudará a plataforma TerraME e a linguagem de programação Lua.
- 2. Projetar um arcabouço para calibração.** Na segunda etapa, o bolsista projetará um arcabouço para calibração de modelos ambientais que suporte diferentes métricas de *goodness-of-fit* espaciais a serem usadas para medir a aderência dos resultados da simulação de modelos à realidade observada.
- 3. Implementar o arcabouço para calibração.** Na terceira etapa, o arcabouço projetado será implementado, juntamente com as métricas de ajuste e o algoritmo genético. Este algoritmo genético usará um modelo implementado no TerraME, uma métrica de *goodness-of-fit*, e intervalos de valores possíveis de parâmetros para buscar a combinação de parâmetros que melhor ajusta os resultados da simulação dos modelos com a realidade observada.
- 4. Calibrar modelos de desmatamento.** Esta etapa consiste em calibrar alguns modelos de uso da terra atualmente implementados no TerraME usando o arcabouço desenvolvido. Os resultados das simulações e os parâmetros estimados pelo algoritmo genético serão comparados com os resultados obtidos através da calibração manual pelos autores dos artigos científicos.
- 5. Escrever tutorial de uso.** Escrever um tutorial descrevendo como usar a ferramenta. Este tutorial descreverá o processo de calibração de pelo menos um dos modelos de desmatamento usados neste projeto de pesquisa.
- 6. Escrever relatório técnico.** Escrever um relatório técnico descrevendo o processo de desenvolvimento da ferramenta, assim como os dados utilizados nos modelos de teste e onde estes foram adquiridos. Este relatório também descreverá as estratégias que podem ser usadas para estender as funcionalidades atuais do arcabouço, através da implementação de novos algoritmos de *goodness-of-fit* ou de calibração automática.

7. **Desenvolver página web.** Os resultados deste projeto serão de domínio público. Para atender a este objetivo, será desenvolvida uma *webpage* disponibilizando todos os dados e os resultados deste projeto científico.
8. **Escrever artigo científico.** Escrever um artigo científico para conferência nacional descrevendo os principais resultados do projeto, bem como o arcabouço desenvolvido.

**Etapas Concluídas: (Preencher somente no caso de renovação)**

**Etapas a Concluir: (Preencher somente no caso de renovação)**

**Cronograma de Atividades:**

	Set/Out	Nov/Dez	Jan/Fev	Mar/Abr	Mai/Jun	Jul/Ago
<b>Estudar conceitos e ferramentas</b>						
<b>Projetar um arcabouço para calibração</b>						
<b>Implementar o arcabouço para calibração</b>						
<b>Calibrar modelos de desmatamento</b>						
<b>Escrever tutorial de uso</b>						
<b>Escrever relatório técnico</b>						
<b>Desenvolver página web</b>						
<b>Escrever artigo científico</b>						

**Resultados Esperados:**

Ao término do projeto, os seguintes resultados são esperados:

1. Um arcabouço livre, de código aberto e extensível, para a calibração automática de modelos de uso da terra. Este arcabouço será disponibilizado no formato de um pacote da plataforma TerraME, e possuirá diferentes métricas de *goodness-of-fit*, bem como um algoritmo para calibração usando algoritmos genéticos.
2. Um tutorial de utilização da ferramenta.
3. Um relatório técnico descrevendo todo o processo de desenvolvimento da ferramenta, bem como as estratégias que podem ser usadas para estender as funcionalidades nela implementadas, através da implementação de novos algoritmos de *goodness-of-fit* ou de calibração automática.
4. Um artigo científico comparando os resultados de calibração automática de diferentes modelos de uso da terra com os resultados obtidos através da calibração manual e publicados em revista ou congresso.
5. Uma página web disponibilizando tanto o pacote implementado quanto os modelos calibrados e os documentos produzidos neste projeto de pesquisa.

**Referências Bibliográficas:**

Câmara, G., et al. (2008) *TerraLib: An open source GIS library for large-scale environmental and socio-economic applications*. Open source approaches in spatial data handling. Springer Berlin Heidelberg. 247-270.

Carneiro et al., (2013). An extensible toolbox for modeling nature-society interactions. *Environmental Modelling & Software*, 46, p. 104-117.

