

# SWAT applications in eastern Amazonia: A case study of the Acará Mirim and Bujaru river basin in State of Pará, Brazil.

Antonio Kledson Leal Silva<sup>1,2</sup>, Silvio Crestana<sup>1</sup>, Adriano Marlison Leão de Souza<sup>3</sup>, Adriano Venturieri<sup>4</sup>, Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes<sup>3</sup>, Joyce Tatiane Souza dos Santos<sup>3</sup>, Caroline Alves Galharte<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Escola de Engenharia de São Carlos – USP; <sup>2</sup>Embrapa Instrumentação; <sup>3</sup>Universidade Federal Rural da Amazônia; <sup>4</sup>Embrapa Amazônia Oriental  
Email: antoniokledson@gmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

A Região Nordeste do Estado do Pará, caracterizada por ser o território mais antropizado da Amazônia, a pesar de ser uma região com atividades consolidadas, como a pecuária, exploração madeireira e agricultura familiar, apresenta uma forte dinâmica de uso e ocupação recente com novas culturas e atividades sendo implementadas na região, como é o caso dos reflorestamentos comerciais e da expansão da Palma de Óleo (Dendê). Assim, tem-se um campo de estudo importante para se compreender os impactos ambientais desta dinâmica de uso e ocupação sobre a qualidade do solo e dos recursos hídricos. De acordo com Souza (2000), as bacias e sub-bacias hidrográficas vem se consolidando como territórios favoráveis ao planejamento integrado do uso e ocupação do solo focando no desenvolvimento sustentável. (Lei Nº 9.433).

O presente trabalho irá aplicar a modelagem ambiental, através do Modelo Hidrossedimentológico SWAT (Soil and Water Assessment Tool) (NEITSCH, S. L. et. al., 2011) em sub-bacias dos Rios Acará Mirim e Bujaru, para se estimar o impacto do atual mosaico de uso e ocupação do solo sobre o escoamento superficial e a perda de solo. No presente pôster iremos focar no desenvolvimento da pesquisa e no levantamento de dados para aplicação do modelo SWAT.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo está sendo aplicado em duas sub-bacias localizadas na Região Nordeste do Estado do Pará. A primeira é a sub-bacia do Rio Mariquita, afluente do Rio Acará-Mirim, que por sua vez é afluente do Rio Acará, o qual tem sua foz na Bahia do Guajará, em frente a Cidade de Belém do Pará (Figura 1). A segunda é a sub-bacia do Rio Bujaru, afluente da Margem esquerda do Rio Guamá, o qual tem sua foz também na Bahia do Guajará (Figura 1).

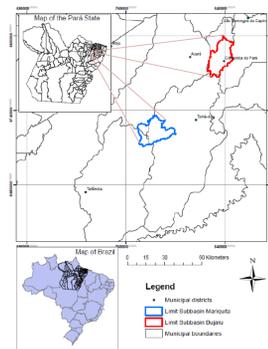


Figura 1: Mapa de Localização.

### 2.2. MODELO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO SWAT

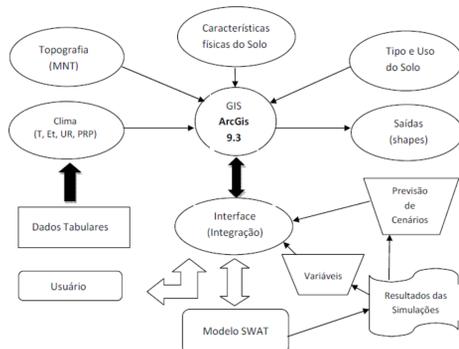


Figura 2: Fluxograma do modelo SWAT na interface SIG do ArcGIS 9.3. Fonte: Adaptado de SOUSA, 2010.

### 2.3. COLETA DE SOLOS

Foi realizado um trabalho de campo em uma propriedade dentro da sub-bacia do Rio Mariquita para coleta de amostras deformadas e indeformadas de solo para medições de densidade, fertilidade, granulometria, matéria orgânica e estoque de carbono do solo em áreas ocupadas com floresta primária, floresta secundária, pastagem, palma de óleo e com sistema agroflorestal (Figura 3).



Figura 3: Da esquerda para direita: Abertura de trincheiras; Amostra indeformada; Trado Holandês; Amostra deformada.

### 2.4. MEDIDAS DE VAZÃO

Foi realizada uma viagem de campo no período chuvoso (Maio de 2014) e será feita outra viagem no período seco (Novembro de 2014) para medidas de vazão em campo, utilizando o Método da Secção Média por Molinete Hidrométrico em ambas as sub-bacias em estudo (Figura 4).



Figura 4: De esquerda para direita: Molinete; Haste a vau e Contador de Pulsos Digital; Outlet do Rio Mariquita; Outlet do Rio Bujaru.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1. PLANOS DE INFORMAÇÃO

#### Modelo de Elevação Digital

Os Modelos de Elevação do Terreno são do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), disponibilizados em Sistema de Coordenadas Geográficas e Datum WGS84, 90 metros em uma escala de 1:250.000. Os Modelos utilizados foram: SA-23-Y-A / SA-23-V-C / SA-22-Z-B / SA-22-X-D.

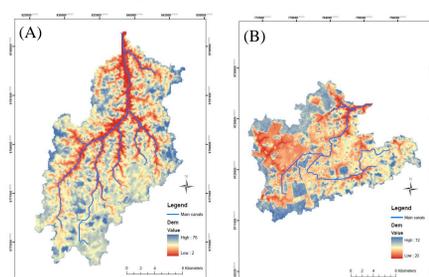


Figura 5: MNT - Bujaru (A) e Mariquita (B)

### Mapas de Uso e Ocupação das Bacias

Estamos utilizando os dados de uso e ocupação gerados pelo Projeto TerraClass (INPE/Embrapa), disponibilizados pelo Dr. Adriano Venturieri da Embrapa Amazônia Oriental. Este Mapa foi reclassificado no presente trabalho, com o objetivo de reduzir classes e facilitar a análise da modelagem.

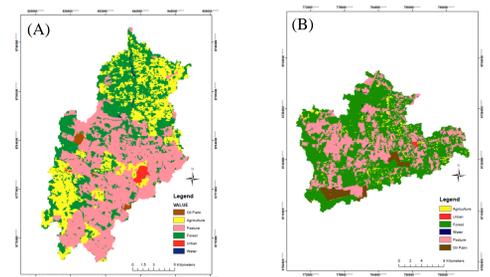


Figura 6: Uso do solo - Bujaru (A) e Mariquita (B)

### Mapa Pedológico

O solo predominante em ambas sub-bacia é o Tipo Latossolo Amarelo distrófico com variações na textura. Porém também é identificado algumas manchas de Argissolo Amarelo e Vermelho-Amarelo distrófico típico, Latossolo Amarelo distrófico argissólico, Latossolo Amarelo distrófico petroplântico e outros (Tabela 1). A base desses dados é o ZEE do Estado do Pará e IBGE.

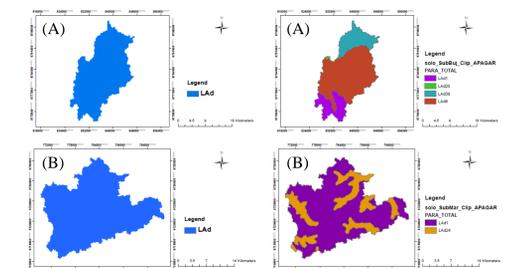


Figura 7: Tipo de solo - Bujaru (A) e Mariquita (B)

Tabela 1: Descrição das características dos solos presentes nas sub-bacias em estudo.

Código/Mapa	Descrição do solo
LAd1	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, média, A moderado, plano e suave ondulado
Lad8	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, média e argilosa + ARGISSOLO AMARELO e VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, média/argilosa + PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico, argilosa, todos A moderado, plano e suave ondulado.
LAd24	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, média + LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico, média muito cascalhenta + ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico, média/argilosa + PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário argissólico, média muito cascalhenta/argilosa muito cascalhenta, todos A moderado, plano e suave ondulado.
Lad25	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico e petroplântico, média e argilosa + ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico e petroplântico, média/argilosa + PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário latossólico, média muito cascalhenta (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico e petroplântico, média/argilosa muito cascalhenta), todos A moderado, suave ondulado e ondulado.
LAd39	LATOSSOLO AMARELO Distrófico argissólico, arenosa/média, plano e suave ondulado + PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário argissólico, arenosa muito cascalhenta/média muito cascalhenta e arenosa muito cascalhenta/argilosa muito cascalhenta, suave ondulado e ondulado + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico, plano e suave ondulado, todos A moderado (ESPODOSSOLO FERRIHUMILÚVICO Hidromórfico espessarênico, A moderado, plano).

### 3.2. DADOS TABULARES

Tabela 2: Parâmetros climáticos requeridos pelo modelo SWAT – Estação automática A213 INMET - Tomé-Açu – PA - 2008 a 2012.

Parâmetros	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
TMPMX	31.4	31.2	31.5	31.3	31.5	31.7	32.1	33.0	33.8	34.0	33.5	32.6
TMPMN	22.6	22.5	22.8	23.0	22.9	22.3	22.3	22.2	22.2	22.1	22.4	22.7
TMPSTDMX	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
TMPSTDMN	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
PCPMM	341.0	404.2	433.3	482.7	374.3	192.5	128.5	106.9	76.5	79.1	94.4	207.5
PCPSTD	18.3	19.7	18.9	21.3	19.2	13.0	10.0	9.9	6.5	6.3	9.4	13.9
PCPSKW	2.6	2.4	2.0	1.8	2.2	3.7	4.4	4.6	3.7	3.7	5.9	3.1
PR_W1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
PR_W2	0.5	0.6	0.6	0.7	0.5	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3
PCPD	20.6	21.9	24.0	24.7	20.5	15.1	14.1	9.8	8.3	8.8	9.0	16.4
RAINHHMX	36.4	47.3	31.5	34.8	29.1	30.8	27.5	28.1	15.9	16.6	29.8	27.1
SOLARAV	516.5	520.2	536.2	502.8	527.6	560.7	533.3	542.0	561.2	614.2	587.3	542.9
DEWPT	22.6	22.7	22.9	23.2	23.2	22.6	22.0	21.6	21.5	21.5	21.9	22.4
WINDAV	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	1.1	1.2	1.3	1.3	1.2	1.1

TMPMX – média das temperaturas máximas diárias a cada mês (°C); TMPMN – média das temperaturas mínimas diárias a cada mês (°C); TMPSTDMX – desvio padrão das temperaturas máximas diárias a cada mês (°C); TMPSTDMN – desvio padrão das temperaturas mínimas diárias a cada mês (°C); PCPMM – média da precipitação mensal total para o período (mm); PCPSTD – desvio padrão das precipitações a cada mês (mm dia<sup>-1</sup>); PCPSKW – coeficiente Skew para a precipitação diária a cada mês; PR\_W1 – probabilidade de um dia úmido seguir um dia seco no mês; PR\_W2 – probabilidade de um dia úmido seguir um dia úmido no mês; PCPD – média do número de dias com precipitação no mês; RAINHHMX – precipitação máxima para meia hora de chuva em todo o período de registro para o mês (mm); SOLARAV – média da radiação solar diária para cada mês (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>); DEWPT – média das temperaturas diárias de ponto de orvalho a cada mês (°C); WINDAV – média das velocidades de vento diárias para cada mês (m s<sup>-1</sup>).

Tabela 3: Parâmetros das camadas de solo das bacias do Bujaru e Mariquita

Solo	Amostragem	NLAYERS	SOL_Z	SOL_BD	SOL_AWC	SOL_K	SOL_CBN	CLAY (%)
			(mm)	(g/cm <sup>3</sup> )	(mm/mm)* *	(mmh)	(%)	
LAd	ZEE - Pará	1	500	1.22	0.35	201	10	14
		2	1000	1.2	0.35	205	7.5	16
		3	2000	1.5	0.42	230	8.2	22
Continuação								
Solo	Amostragem	NLAYERS	SILT (%)	SAND (%)	ROCK (%)	SOL_ALB (fraction)	USLE_K	SOL_EC (dS/m)*
LAd	ZEE - Pará	1	7	79	0	0.2	0.15	0
		2	4.6	79.4	0	0.2	0.19	0
		3	6	72	0	0.16	0.2	0

\* Valores estimados. N-LAYER - Número de camadas; SOL\_Z - profundidade da superfície do solo até o fundo da camada; SOL\_BD - massa específica aparente; SOL\_AWC - capacidade de água disponível na camada; SOL\_CBN - carbono orgânico; SOL\_K - condutividade hidráulica saturada; CLAY - teor de argila; SILT - teor de silte; SAND - teor de areia; ROCK - teor de pedregulhos e pedras; SOL\_ALB - albedo; USLE\_K - coeficiente de erodibilidade do solo; SOL\_EC - condutividade elétrica.

## 4. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Presente trabalho tem mostrado que o levantamento de dados é o fator mais importante na modelagem, pois defini os caminhos a serem seguidos nas simulações e podem promover mais incertezas ou elevar a qualidade do trabalho. Em regiões amazônicas, têm-se também dificuldades para a obtenção de dados climáticos, solos e fluviométricos medidos em campo. Com tudo, esses trabalhos são importantes para se ter uma dimensão dos problemas e necessidades de estudos de base para se obter informações reais e se estimar o impacto dos usos do solo sobre recursos naturais.

## 5. REFERÊNCIAS

- BRASIL. Política Nacional de Meio Ambiente, lei Federal 6.938/81, 1981.  
NEITSCH, S. L.; ARNOLD, J. G.; KINIRY, J. R.; WILLIAMS, J. R. Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation: Version 2009. Temple, TX: Texas: Grassland, Soil and Water Research Laboratory, Agricultural Research Service. 2011. 618p.  
SOUSA, A. M. L. de. Estimativa dos Fluxos de Calor a Partir de Imagens Orbitais e Aplicação na Modelagem Hidrológica. 2010. 128 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul / Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, RS, Brasil, 2010.  
SOUSA, E. R. DE; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas unidades básicas para o planejamento e gestão sustentáveis das atividades rurais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p.15-20, nov./dez. 2000