



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



**MODELAGEM DA TRANSFERÊNCIA SOLO-VEGETAÇÃO-  
ATMOSFERA EM MICRO BACIAS DE FLORESTA INTACTA E COM  
DIFERENTES NÍVEIS DE DISTÚRBIOS NA AMAZÔNIA CENTRAL:  
ANÁLISE DAS VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
(PIBIC/CNPq/INPE)**

Francisco Jaime Oliveira Ferreira da Silva (FATEC, Bolsista PIBIC/CNPq)  
E-mail: francisco.ferreira@inpe.br

Dr. Daniel Andrés Rodriguez (CCST/INPE, Orientador)  
E-mail: daniel.andres@cptec.inpe.br

**COLABORADORES**

MSc. Rita de Cássia Silva von Randow (CCST/INPE)

**JULHO DE 2012**

## **DADOS DE IDENTIFICAÇÃO**

Nome: **Francisco Jaime Oliveira Ferreira da Silva**

Local de trabalho: **CPTEC/INPE**

Título do projeto: **Modelagem da transferência solo-vegetação-atmosfera em micro bacias de floresta intacta e com diferentes níveis de distúrbios na Amazônia Central.**

Tipo de bolsa: **PIBIC/CNPQ**

Período: **Agosto/2011 – Julho/2012**

# **MODELAGEM DA TRANSFERÊNCIA SOLO-VEGETAÇÃO-ATMOSFERA EM MICRO BACIAS DE FLORESTA INTACTA E COM DIFERENTES NÍVEIS DE DISTÚRBIOS NA AMAZÔNIA CENTRAL: ANÁLISE DAS VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS**

Francisco Jaime Oliveira Ferreira da Silva<sup>1</sup> (FATEC, Bolsista PIBIC/CNPq)  
Daniel Andrés Rodriguez<sup>2</sup> (CCST/INPE, Orientador)  
Rita de Cássia Silva von Randow<sup>3</sup> (CCST/INPE, Colaboradora)

## **RESUMO**

A Amazônia tem um papel fundamental sobre o clima não só no Brasil, mas também na América do Sul e estudar os impactos que o desmatamento na região causa sobre o ciclo hidrológico é de enorme importância. O objetivo deste estudo foi preparar dados para modelagem das componentes do ciclo hidrológico para uma área da Amazônia Central com diferentes tipos de vegetações (floresta primária, floresta secundária e pastagem) em microbacias localizadas a cerca de 60 km ao norte de Manaus. Comparações das variáveis para os diferentes tipos de cobertura vegetal também foram realizadas.

Utilizando dados coletados nos anos de 2008 a 2010 observou-se que a precipitação tem alta variabilidade quando comparada entre os tipos de vegetação. Na estação seca (mês de agosto a outubro) os valores de precipitação da floresta primária foram inferiores em comparação com as outras vegetações. Em setembro de 2009 foi registrado o menor valor acumulado mensal com total de 7,1 mm, representando apenas 11% do valor total acumulado mensalmente na pastagem e 10,2% do valor total mensal da floresta secundária. Somente em duas situações os acumulados na floresta primária foram equivalentes ou maiores que nos outros tipos de vegetação. Atenção deve ser dada ao mês seguinte ao menor valor acumulado mensal (outubro de 2009), em que a precipitação na floresta primária alcançou 247 mm, 3.8 e 5.2 vezes mais que na pastagem e na floresta secundária, respectivamente. Esse é um valor alto para um mês de estação seca.

Sobre a análise realizada com resultados de umidade do solo medidos com sonda de nêutrons no platô da pastagem e floresta primária, constatou-se que os valores na floresta primária são maiores que na pastagem durante todo o ano. Esse resultado está de acordo com o esperado, já que na pastagem espera-se que haja mais escoamento superficial e menos infiltração devido à compactação do solo. Além disso, na pastagem há mais evaporação do solo devido à incidência direta da radiação solar.

1 Aluno do curso de Tecnologia em Informática: Banco de Dados – **Email: francisco.ferreira@inpe.br**

2 Pesquisador do Centro de Ciência do Sistema Terrestre – **E-mail: daniel.andres@inpe.br**

3 Pesquisadora do Centro de Ciência do Sistema Terrestre – **E-mail: rita.vonrandow@inpe.br**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo hidrológico regional na Região Amazônica .....	2
Figura 2 - Mapa da América do Sul com ênfase no estado do Amazonas; a. Amazônia Central; b. A parte verde clara representa a floresta secundária, a parte rosa enfatiza a pastagem e a floresta primária está representada pela parte verde escura (ZF3); c. Floresta primária está representada pela parte verde escura (ZF2). .....	4
Figura 3 - Representação simplificada da modelagem incorporada no SWAPS .....	6
Figura 4 - Correlação dos valores de precipitação do ano de 2008 entre dois pluviômetros escolhidos pela relativa proximidade de ambos. ....	9
Figura 5 - Comparativo entre valores mensais de precipitação da época seca dos anos de 2008 a 2010 dos três tipos de vegetação em estudo .....	11
Figura 6 - Comparativo dos resultados de umidade do solo da Torre K34(Floresta Primária) e PCD (Pastagem).....	13
Figura 7 - Valores diários de Evapotranspiração (cm) da FNS - 1993 .....	14
Figura 8 - Valores diários de Evapotranspiração (cm) da CO – 2008.....	14
Figura 9 - Perfil de Temperatura média do solo FNS – dia 1, 183 e 366/1993.....	15
Figura 10 - Perfil de Temperatura média do solo CO – dia 1/2008 .....	15
Figura 11 - Perfil de Temperatura média do solo CO – dia 183 e 366/2008.....	15
Figura 12 - Perfil de Umidade do solo(m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ) FNS – dias 1, 182 e 365/1993 .....	16
Figura 13 - Perfil de Umidade do solo(m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ) CO – dias 1, 183 e 366/2008 .....	16

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

CO – Colosso

FNS – Fazenda Nossa Senhora

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. OBJETIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.1. OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. SÍTIO EXPERIMENTAL E DADOS .....</b>	<b>4</b>
<b>3. MODELO SWAPS.....</b>	<b>6</b>
<b>4. MODELAGEM E PROCESSAMENTO DE DADOS.....</b>	<b>8</b>
<b>4.1. PROCESSAMENTO DE DADOS.....</b>	<b>8</b>
<b>4.1.1. PRECIPITAÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>4.1.2. UMIDADE DO SOLO .....</b>	<b>9</b>
<b>4.2. MODELO SWAPS.....</b>	<b>10</b>
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>11</b>
<b>5.1. DADOS.....</b>	<b>11</b>
<b>5.1.1. Precipitação .....</b>	<b>11</b>
<b>5.1.2. Umidade Do Solo.....</b>	<b>12</b>
<b>5.2. MODELO SWAPS.....</b>	<b>13</b>
<b>5.2.1. Evapotranspiração.....</b>	<b>14</b>
<b>5.2.2. Temperatura do Solo .....</b>	<b>14</b>
<b>5.2.3. Umidade do Solo .....</b>	<b>15</b>
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>18</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

A Floresta Amazônica possui um papel crucial no clima de toda América do Sul pelo seu efeito no ciclo hidrológico regional, na geração de precipitação e também no transporte de umidade para toda região (Marengo et al., 2000). O desmatamento no local afeta todas as componentes desse ciclo. Os impactos causados no ciclo hidrológico são amplamente estudados, porém pouco se sabe sobre os efeitos que a regeneração natural da vegetação tem sobre esses componentes. É importante entender a função que áreas fragmentadas exercem no balanço hídrico total e avaliar se as florestas secundárias podem compensar os efeitos causados por áreas desflorestadas.

O ciclo hidrológico corresponde à constante mudança de estado da água na natureza utilizando a energia solar como combustível, se resumindo em:

- A circulação fechada de água do oceano para o continente, através da atmosfera; do continente para o oceano (após detenção em vários pontos), através de escoamentos superficiais ou subterrâneos e pela própria atmosfera.

A interação da Floresta Amazônica com a atmosfera regula a umidade no interior da Bacia Amazônica, sendo transportado por ventos vindos do oceano Atlântico, gerando a chuva na região. Depois da chuva a floresta produz evaporação e reciclagem da umidade e, após isso, grande parte dessa evaporação retorna à Região Amazônica na forma de chuva, esse processo ilustra-se na figura 1.



**Figura 1** – Ciclo hidrológico regional na Região Amazônica

Fonte: [http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/relatorio\\_port.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/relatorio_port.pdf)

Segundo Marengo (2011) a umidade originada na Bacia Amazônica é transportada pelos ventos para outras partes do continente e é considerada importante na formação de precipitações em regiões distantes da própria Amazônia. O desmatamento direto e as mudanças climáticas danificam o ecossistema florestal e enfraquecem o ciclo hidrológico regional.

Na definição sobre os principais componentes desse processo Tomasella e Rossato (2005) descrevem que “Precipitação é a água proveniente do vapor d’água da atmosfera depositada na superfície terrestre de diversas formas: chuva, granizo e outros”, contudo a precipitação é abordada somente sob a forma de chuva. “Evapotranspiração é o termo utilizado para expressar essa ocorrência simultânea dos processos de evaporação e de transpiração” se caracterizando pela transformação da água do estado líquido para gasoso sendo necessário o calor como energia nesse processo. A transpiração ocorre com a umidade adquirida pelas plantas e seres transformada em vapor sendo liberado para atmosfera. Sobre o armazenamento de água no solo, Tomasella e Rossato diz que “O

solo é o armazenador e fornecedor de água e nutrientes às plantas. Por fenômenos de absorção e capilaridade, ele retém a umidade das chuvas que as plantas necessitam”.

Dada a importância do ciclo hidrológico amazônico para a Amazônia e para outras regiões, e ainda, dado o pouco conhecimento dos efeitos da regeneração natural da floresta nas componentes desse ciclo, este trabalho propôs um estudo de modelagem a fim de reproduzir o ciclo hidrológico de micro bacias na Amazônia Central. O modelo utilizado foi o SWAPS, que é um modelo de transferência solo-planta-atmosfera (Ashby et al., 1996) se ajustando para todos componentes do ciclo hidrológico.

Também será apresentada a análise de algumas variáveis do ciclo hidrológico de floresta secundária, pastagem e floresta primária, a fim de avaliar o impacto da floresta secundária no ciclo hidrológico em comparação à floresta primária e à pastagem na Amazônia Central.

## **1.1. OBJETIVO**

### **1.1.1. OBJETIVO GERAL**

O objetivo deste estudo foi preparar dados para modelagem das componentes do ciclo hidrológico para uma área da Amazônia Central com diferentes tipos de vegetações (floresta primária, floresta secundária e pastagem) em microbacias localizadas a cerca de 60km ao norte de Manaus. Comparações das variáveis para diferentes tipos de cobertura vegetal também foram realizadas.

### **1.1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO**

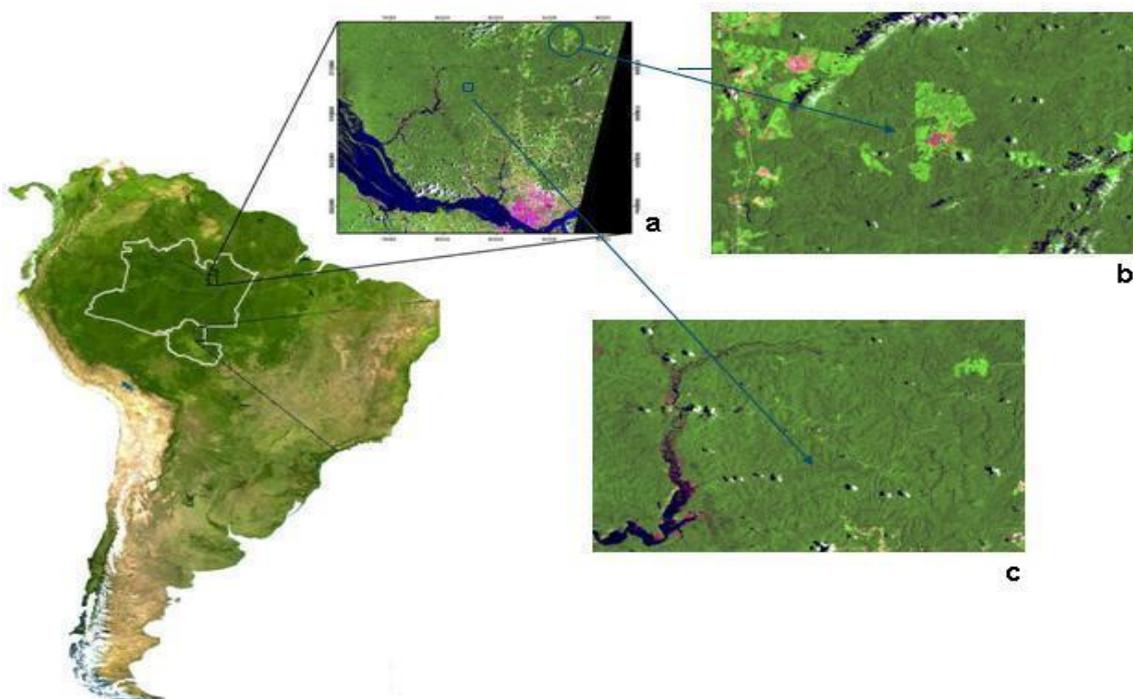
Analisar e comparar a evapotranspiração de regiões cobertas por floresta primária, pastagem e floresta secundária em micro bacias da Amazônia Central;

Modelar o ciclo hidrológico dessas micro bacias através do modelo SWAPS e avaliar a eficiência do modelo na representação da evapotranspiração.

## 2. SÍTIO EXPERIMENTAL E DADOS

As micro bacias em estudo estão localizadas na região da Amazônia Central, no estado do Amazonas, a cerca de 60 km ao norte de Manaus, com uma superfície aproximada de 1,2 km<sup>2</sup> a 6 km<sup>2</sup>.

O acesso às micro bacias é dado por estradas vicinais da região chamadas de ZF2 e ZF3 (Figura 2a). O sítio acessado pela ZF3, conhecido como Colosso (CO) trata-se de uma micro bacia com cobertura de 29,2% de floresta primária, 48,3% de floresta secundária e 22,5% de pastagem (Figura 2b). O sítio acessado pela ZF2 é chamado de ASU, e fica dentro da reserva Florestal do Cuieiras, tendo cobertura total de floresta primária (Figura 2c).



**Figura 2** - Mapa da América do Sul com ênfase no estado do Amazonas; **a.** Amazônia Central; **b.** A parte verde clara representa a floresta secundária, a parte rosa enfatiza a pastagem e a floresta primária está representada pela parte verde escura (ZF3); **c.** Floresta primária está representada pela parte verde escura (ZF2).

**Fonte:** INPE

A pastagem na ZF3 foi estabelecida na década de 70 como consequência do Plano Nacional de Desenvolvimento que baseava-se no potencial do Brasil em produzir alimentos para outras regiões dentro e fora do país e no incentivo à popularizar todas as

regiões do país, inclusive a Amazônia (Souza et al., 2010). Grande parte dos projetos implantados na década de 70 e 80 foram destinados à agropecuária. Atualmente, estes projetos estão praticamente abandonados e as áreas de pastagens improdutivas, tendo suas áreas recobertas por vegetação secundária em diferentes idades e estágios sucessionais (Moreira, 2003).

Neste trabalho os dados de precipitação e a umidade do solo do período de 2008 a 2010 foram preparados e analisados, pois estes são variáveis de entrada para o modelo SWAPS.

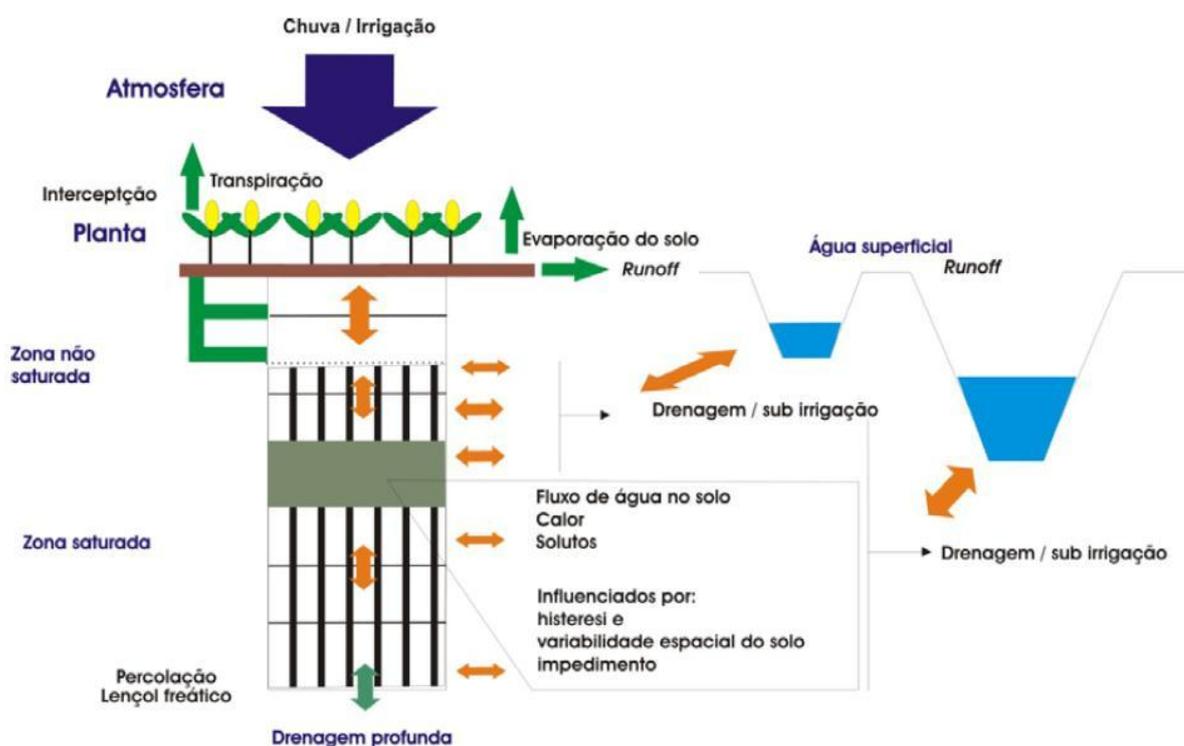
A precipitação na bacia ASU (floresta primária) foi medida em seis pluviômetros instalados em pontos diferentes da bacia. Já o sítio Colosso, área de estudo na ZF3, que agrega as três coberturas vegetais, foi instrumentado com 4 pluviômetros, mas somente dois foram utilizados para as análises desse trabalho.

As medições de umidade do solo na bacia ASU, foram feitas por sonda de nêutrons em um transecto topográfico platô-vertente-baixio. As medidas foram realizadas em 11 tubos com profundidade variando de 10 cm a 500 cm, coletadas duas vezes por semana. Na pastagem a umidade do solo foi medida também por sonda de neutros somente no platô. As medidas foram feitas em 3 tubos com profundidades entre 10 cm a 200 cm, coletadas a cada 15 dias.

### 3. MODELO SWAPS

O modelo utilizado para o trabalho proposto foi o SWAPS que compreende um esquema do fluxo de umidade do solo insaturado e uma ou duas camadas do sistema de evaporação-intercepção. Simula a transferência de água e energia entre o solo, vegetação e a camada superficial utilizando dados micro meteorológicos.

O objetivo do modelo é reproduzir o balanço de água e os fluxos de energia na superfície levando em consideração as trocas e o acoplamento entre os processos no solo, vegetação e a camada atmosférica superficial. A figura 3 mostra uma representação dos processos modelados.



**Figura 3** - Representação simplificada da modelagem incorporada no SWAPS

**Fonte:** Alexandre Barros (2010), adaptação de Kroes e Van Dam(2003)

Uma grande vantagem do modelo, descrito por Barros é, “a utilização de um número relativamente pequeno de parâmetros de entrada de solo, cultura e clima, vista a capacidade de simular com razoável nível de detalhes os principais processos físicos”.

Na análise feita à estrutura do modelo, utilizou-se o modelo já ajustado ao sítio Fazenda Nossa Senhora (10°45'S, 62°22'W) em Rondônia. Como a Fazenda Nossa Senhora (FNS) tem pastagem como cobertura vegetal, entendeu-se que seria natural começar as análises com os dados do sítio CO para servir como base de comparação de resultados. No processamento desses dados de teste, percebeu-se o detalhamento necessário de informações para obtenção de resultados válidos.

## **4. MODELAGEM E PROCESSAMENTO DE DADOS**

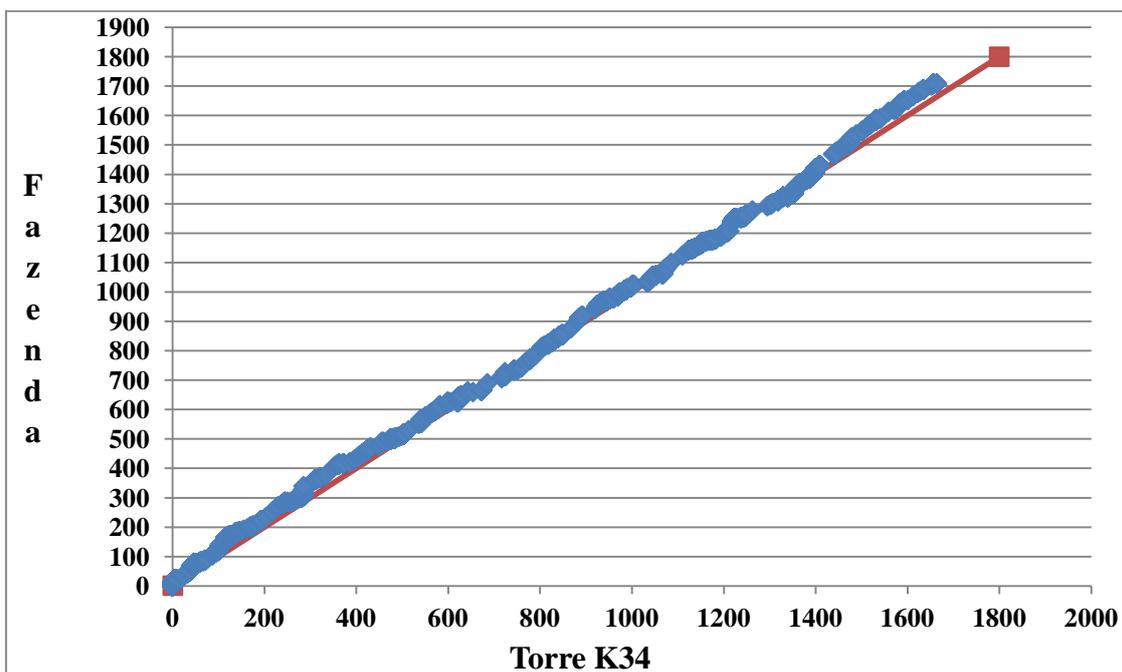
### **4.1. PROCESSAMENTO DE DADOS**

#### **4.1.1. PRECIPITAÇÃO**

Os dados de precipitação são medidos por pluviômetros instalados em vários pontos da bacia a fim medir a precipitação da bacia de forma representativa. Os dados foram gravados em um datalogger no formato de Data, Hora e Tips. A coleta dos dados é feita através da contagem dos Tips em que a cada acúmulo de água na balsa do pluviômetro, o compartimento entorna e a cada esvaziamento a balsa aciona um pulso elétrico. A cada pulso elétrico é feita uma contagem registrando data, hora e número do tip a partir do ultimo download de dados.

Os dados trabalhados na precipitação foram dos anos de 2008 a 2010 onde essa contagem de Tip, no formato de Data, Hora e Numeração, foi gerado um acúmulo a cada trinta minutos do ano todo.

Após o processamento dos dados de cada ano, no acúmulo de trinta minutos, gerou-se gráficos de correlação para melhor análise dos dados processados, comparando-os com valores de pluviômetros que se encontram relativamente próximos. A figura 4 demonstra essa análise.



**Figura 4** - Correlação dos valores de precipitação do ano de 2008 entre dois pluviômetros escolhidos pela relativa proximidade de ambos.

O exemplo demonstrado de análise dos dados processados correlaciona os valores de dois pluviômetros que devido a proximidade, espera-se que o coeficiente de correlação seja próximo a 1. Com isso evidenciam-se erros como entupimentos e dados com valores de precipitação acima da média. A constatação de pluviômetros que medem valores de precipitação próximos também faz possível preenchimento de falhas dos dados.

#### **4.1.2. UMIDADE DO SOLO**

As medidas de umidade de solo apresentadas nesse trabalho são da floresta primária e da pastagem.

Fez-se necessário a criação de uma planilha onde os dados devem estar separados pelos valores de um tubo, presentes em todas as datas.

Para o processamento dos dados utilizou-se a ferramenta de base de dados SWIPS, que organiza os dados em profundidade por tempo por tubo medido e fornece o gráfico da variação do armazenamento ao longo do tempo para cada tubo.

#### **4.2. MODELO SWAPS**

Para a entrada de dados do modelo foram utilizadas variáveis de: Temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ), Umidade relativa do ar (%), Velocidade do vento (m/s), Radiação solar incidente ( $\text{W}/\text{m}^2$ ), Radiação de Onda Longa ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) e, Pressão atmosférica (mbar), Precipitação (mm), Fluxo de calor do solo ( $\text{W}/\text{m}^2$ ), Temperatura do Solo ( $^{\circ}\text{C}$ ), Saldo de radiação ( $\text{W}/\text{m}^2$ ), Radiação solar refletida ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) e Fluxo de calor latente ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) (não obrigatório), seguindo um padrão de leitura média de trinta minutos, exceto para precipitação, que se utilizou quantidade acumulada em trinta minutos.

O processamento efetuado usou as informações do sítio CO dos anos de 2007 a 2010, porém no ano de 2008 obtiveram-se os melhores resultados, que serão apresentados em comparação com os resultados do ano de 1993 da FNS.

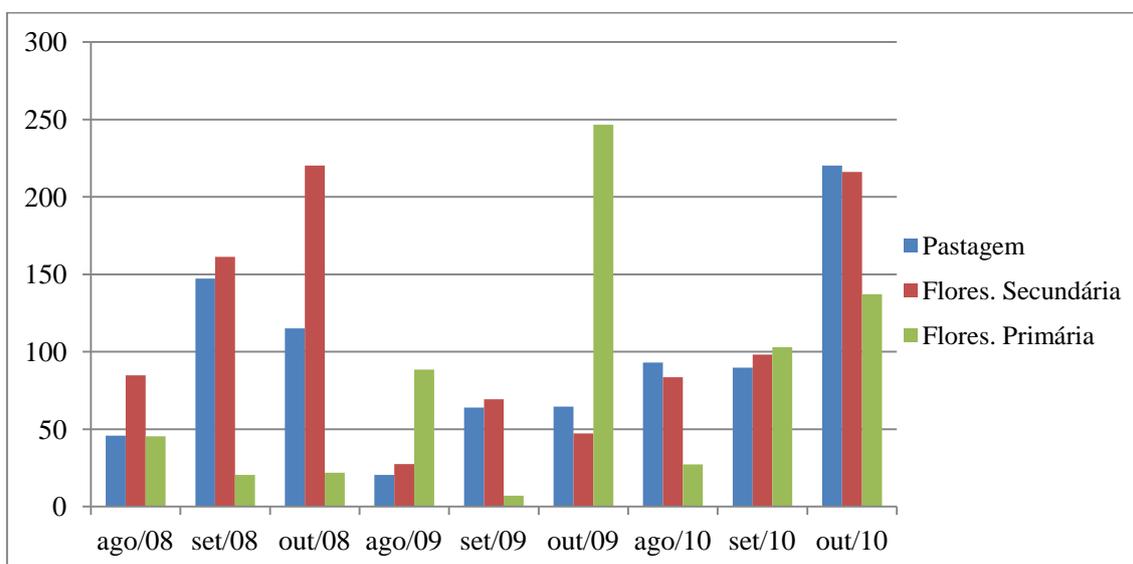
## 5. RESULTADOS

### 5.1. DADOS

As análises feitas estão separadas por precipitação e umidade do solo.

#### 5.1.1. Precipitação

Com os resultados de precipitação criou-se um gráfico comparativo do período de seca (agosto a outubro) dos anos de 2008 a 2010 (Figura 5)



**Figura 5** - Comparativo entre valores mensais de precipitação da época seca dos anos de 2008 a 2010 dos três tipos de vegetação em estudo

Verificou-se que a floresta primária apresentou valores de precipitação acumulada mensal inferiores aos das outras vegetações na maioria dos meses da época seca. Somente em duas situações os acumulados na floresta primária foram superiores, agosto e outubro de 2009. No mês de setembro de 2010 os valores da precipitação para florestas foram similares, apresentando uma pequena diferença.

As grandes diferenças na precipitação no período seco foram encontradas no ano de 2009. Em setembro foi registrado o menor valor acumulado mensal com total de 7,1 mm, representando apenas 11% do valor total acumulado mensal na pastagem e 10,2% do valor total mensal da floresta secundária. O resultado encontrado contraria a tese de que a evapotranspiração na floresta é maior que na pastagem, e conseqüentemente, a

precipitação formada localmente devido à evapotranspiração deveria ser maior na floresta primária.

Deve ser ressaltado também que no mês seguinte (outubro de 2009), a precipitação na floresta primária alcançou 247 mm, 3.8 e 5.2 vezes mais que na pastagem e na floresta secundária, respectivamente. Este é considerado um valor alto para um mês de estação seca. Isso mostra a alta variabilidade da precipitação na Amazônia Central durante a estação seca. A tabela 1 mostra os valores acumulados para cada ano de em cada tipo de vegetação estudada.

**Tabela 1** – Precipitação Anual para os anos de 2008 a 2010

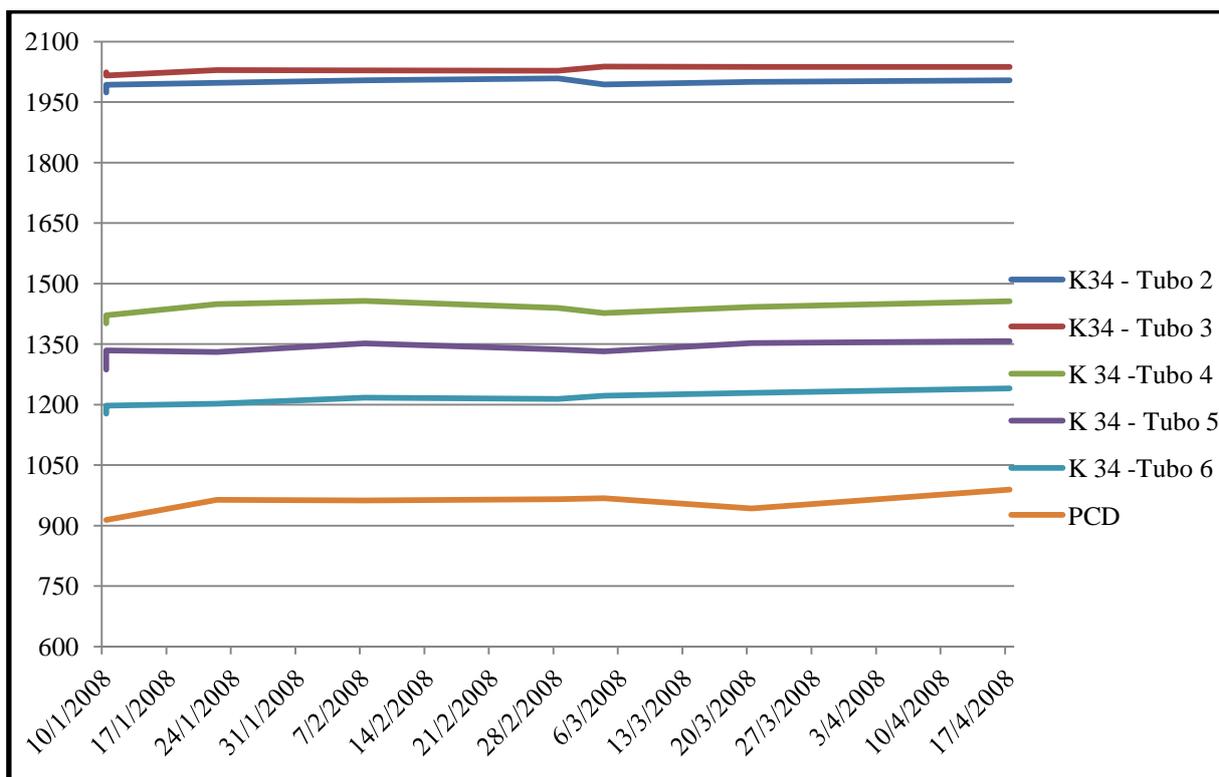
	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
Floresta Primária	2297.80	2445.30	2312.70
Floresta Secundária	1271.50*	1769.75	2646
Pastagem	3077.75	1762.50	2321.0

\* Precipitação referente aos meses de julho à dezembro de 2008

Apesar da precipitação inferior encontrada na floresta primária durante a estação seca, a tabela 1 mostra que os valores de precipitação anual ficam equivalentes ou até superior aos acumulados na floresta secundária e na pastagem.

### **5.1.2. Umidade Do Solo**

Comparou-se a umidade do solo do platô da pastagem e da floresta primária. Constatou-se que os valores na floresta primária são maiores que na pastagem durante todo o ano (Figura 6). Esse resultado está de acordo com o esperado, já que na pastagem espera-se que haja mais escoamento superficial e menos infiltração devido à compactação do solo. Além disso, na pastagem há mais evaporação do solo devido à incidência direta da radiação solar.



**Figura 6** - Comparativo dos resultados de umidade do solo da Torre K34(Floresta Primária) e PCD (Pastagem)

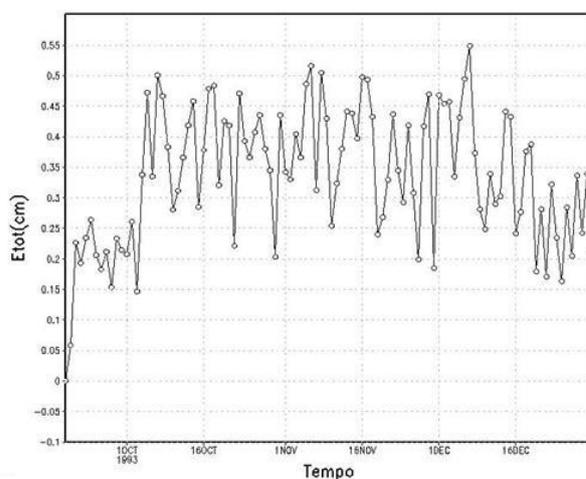
## 5.2. MODELO SWAPS

A parte de modelagem do trabalho apresentou vários problemas que demandou mais tempo que o previsto no cronograma de trabalho proposto. No primeiro semestre de trabalho solucionaram-se problemas com a geração do executável do modelo. O modelo conseguiu representar bem os valores das variáveis para a FNS. No entanto, os valores modelados para a CO não foram satisfatórios.

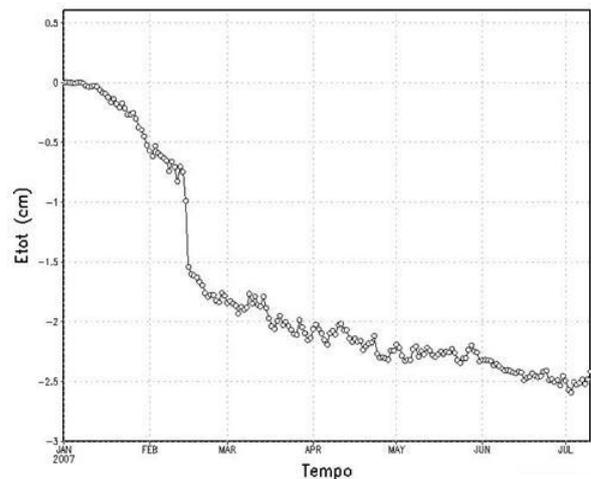
As figuras 7 a 13 mostram comparações de algumas variáveis da FNS com a CO. Nas figuras 7 e 8 são apresentadas médias da evapotranspiração na FNS e na CO. Já as figuras 9 e 13 apresentam médias de três dias do ano. Os resultados em azul representam a média do primeiro dia do ano, o preto representa a média do 182º dia para 1993 e 183º dia para 2008 e em vermelho a média do último dia do ano, em 2008 366º dia e em 1993 o 365º dia.

### 5.2.1. Evapotranspiração

Os resultados da evapotranspiração da FNS estão de acordo com os valores encontrados por von Randow et al. (2011) no entanto, os resultados da CO demonstram valores negativos para todo o período analisado. Apesar de um longo tempo dedicado ao entendimento do código do modelo, não foi possível identificar quais os possíveis coeficientes que necessitavam ser ajustados para a CO a fim de solucionar esse problema.



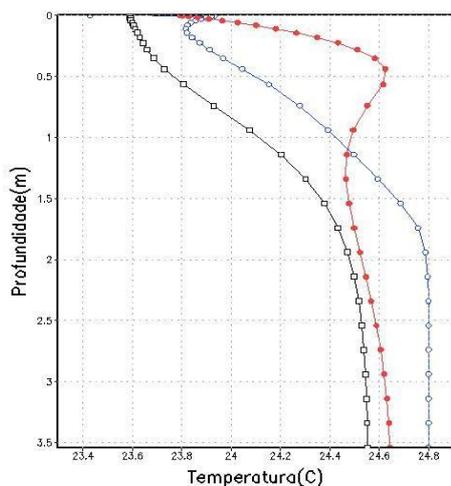
**Figura 7** - Valores diários de Evapotranspiração (cm) da FNS - 1993



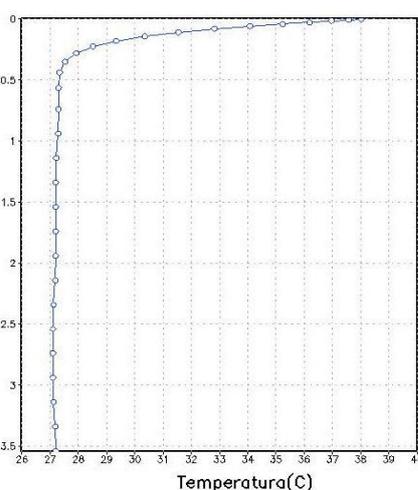
**Figura 8** - Valores diários de Evapotranspiração (cm) da CO – 2008

### 5.2.2. Temperatura do Solo

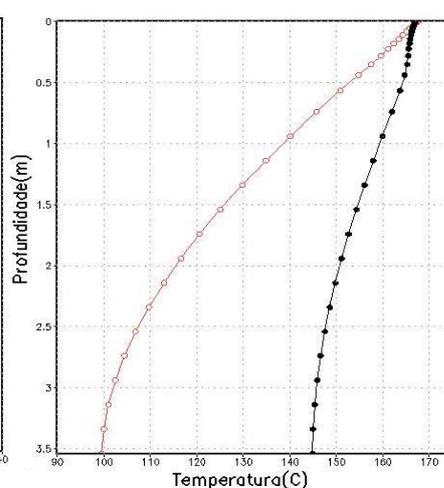
Os resultados da temperatura do solo da FNS estão representados corretamente. Os resultados da CO foram divididos em gráficos diferentes, porque as escalas dos valores mostram uma discrepância. Consta na figura 10 que a partir do primeiro dia os resultados gerados pelo modelo apresentam valores elevados, necessitando de correção nos parâmetros do modelo.



**Figura 9** - Perfil de Temperatura média do solo FNS – dia 1, 183 e 366/1993



**Figura 10** - Perfil de Temperatura média do solo CO – dia 1/2008

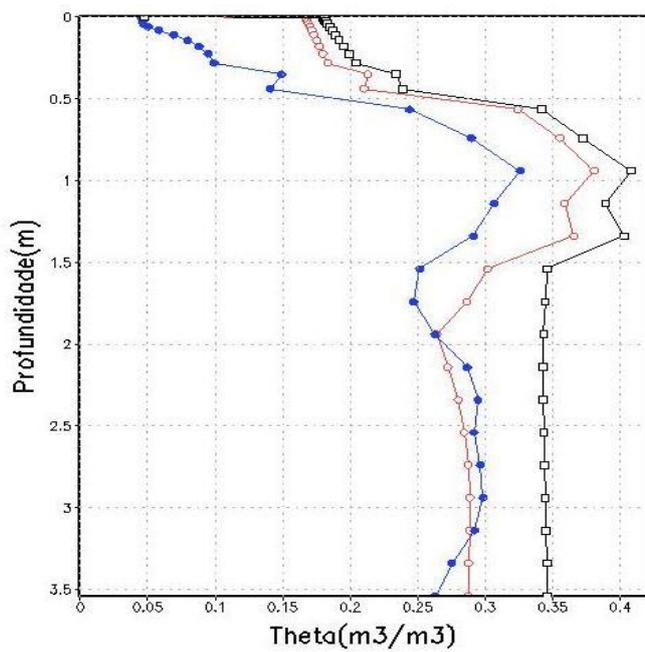


**Figura 11** - Perfil de Temperatura média do solo CO – dia 183 e 366/2008

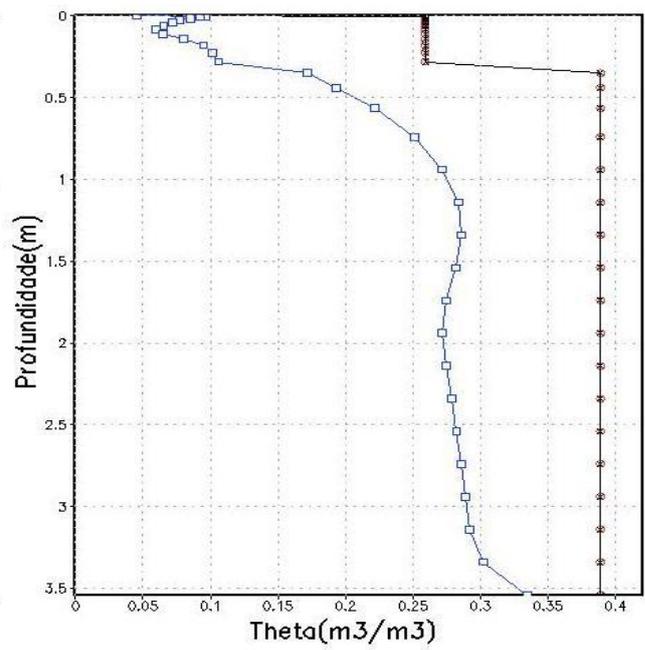
### 5.2.3. Umidade do Solo

A umidade do solo da FNS foi bem representada pelo modelo, já os resultados da CO mostram que depois do segundo dia os valores mantiveram-se constantes, pois a média do meio do ano e a média do último dia do ano são iguais.

Os resultados das variáveis de evapotranspiração, temperatura e umidade do solo do sítio CO mostram que ainda há a necessidade de ajustes no modelo (Figuras 12 e 13).



**Figura 12** - Perfil de Umidade do solo( $m^3/m^3$ )  
FNS – dias 1, 182 e 365/1993



**Figura 13** - Perfil de Umidade do solo( $m^3/m^3$ ) CO –  
dias 1, 183 e 366/2008

## 6. CONCLUSÃO

O objetivo principal do trabalho foi modelar os componentes do ciclo hidrológico de diferentes tipos de vegetações através do modelo SWAPS, para analisar o efeito da regeneração da floresta sobre esse ciclo. No entanto, não foi possível ajustar o modelo para o sítio de pastagem estudado, possivelmente pelo pouco conhecimento do modelo no grupo de trabalho dentro do INPE. O modelo tinha apenas um manual que descrevia suas equações, mas as dúvidas que surgiram durante o processamento do modelo não foram solucionadas dentro do grupo. Houve a tentativa de buscar ajuda com o grupo que forneceu o código do modelo na Holanda, mas mesmo assim não houve solução do problema.

Por outro lado, durante a preparação dos dados de entrada do modelo SWAPS, foram feitas análises dos dados de precipitação e umidade do solo, que foram apresentados nesse relatório.

Os resultados de precipitação mostraram-se que no período de seca, dos anos de 2008 a 2010, os valores da floresta primária foram inferiores comparados aos outros tipos de vegetação, registrando no mês de setembro de 2009 o menor valor acumulado mensal, com total de 7,1 mm, representando apenas 11% do valor total acumulado mensalmente na pastagem e 10,2% do valor mensal da floresta secundária, contrariando a tese de que a precipitação formada pela floresta primária deveria ser maior por causa da evapotranspiração. Atenção deve ser dada ao mês seguinte ao menor valor acumulado mensal (outubro de 2009), em que a precipitação na floresta primária alcançou 247 mm, 3,8 e 5,2 vezes mais que na pastagem e na floresta secundária, respectivamente. Esse é um valor alto para um mês de estação seca. Assim os resultados mostram alta variabilidade de precipitação na Amazônia durante a estação seca. Por outro lado, o valor acumulado anual da precipitação na floresta primária é comparável, e em algumas vezes superior ao da floresta secundária e da pastagem.

Sobre os valores de umidade do solo apresentados confirma-se a tese de que os valores da floresta primária sejam maiores que da pastagem durante todo o ano pela razão de que na pastagem espera-se que haja mais escoamento superficial e menos infiltração devido a incidência direta da radiação solar.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ashby, M., Dolman, A.J., Kabat, P., Moors, E.J., Ogink-Hendriks, M.J., 1996 **SWAPS, version 1.0. Technical reference manual**. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technical Document 42, 140 blz. 11 tab. 13 fig., 33 ref.

Barros, A.H.C., **Desenvolvimento de Funções de pedotransferência e sua utilização em modelo agro - hidrológico**. 2010. 149p. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

Hodnett, M. G., Dasilva, L. P., Darocha, H. R. and Senna, R. C. (1995). **Seasonal soil-water storage changes beneath central amazonian rain-forest and pasture**. Journal of Hydrology 170(1-4): 233-254.

KROES, J.G.; VAN DAM, J.C. **Reference Manual SWAP version 3.0.3**. Wageningen: Alterra Green World Research, 2003. 211 p.(Alterra Report, 773).

Marengo, J. (2000). **Characteristics and variability of the atmospheric water balance of the Amazon Basin**, in 6th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, Santiago, Chile, April 3 – 7, 284–285, AMS Publ..

Marengo, J. A., Miller, J. R., Russell, G. L., Rosenzweig, C. E. and Abramopoulos, F. (1994). **Calculations of river-runoff in the giss gcm - impact of a new land-surface parameterization and runoff routing model on the hydrology of the amazon river**. Climate Dynamics 10(6-7): 349-361.

Marengo, J.A., Nobre, C.A., Chou, S.C., Tomasella, J., Sampaio, G., Alves, L.M., Obregón, G.o., Soares, W.R. (2011). **Riscos das Mudanças Climáticas no Brasil**. Disponível em: [http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/relatorio\\_port.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/relatorio_port.pdf). Acessado em 26/06/2012.

Moreira, M.P., **Uso de sensoriamento remoto para avaliar a dinâmica de sucessão secundária na amazônia central**. 2003. 112p. Tese (Mestrado em Ciência Agrária, área de concentração em Ciências de Florestas Tropicais) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2003.

De Souza, A.M.O., Monteiro, A.C.A. Oliveira, E.C., Barbosa, E. B., Freitas, R. M. 2010. **A INTEGRAÇÃO DA AMAZÔNIA POR MEIO DE INCENTIVOS**

**FISCAIS ADMINISTRADOS PELA SUFRAMA: Reflexos para o desenvolvimento nacional.** Disponível em:

<http://www.sae.gov.br/seminarioamazonia/wp-content/uploads/2010/08/Artigo-SUFRAMA.pdf>. Acessado em: 17/07/2012.

Tomasella, J.T.G.; Rossato, L. **Tópicos em Meio Ambiente e Ciências Atmosféricas – Balanço Hídrico**. INPE, São José dos Campos, 2005. Disponível em: [http://mtc-m15.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris%401915/2005/11.08.13.25/doc/09\\_Balan%e7o\\_h%eddrico.pdf](http://mtc-m15.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris%401915/2005/11.08.13.25/doc/09_Balan%e7o_h%eddrico.pdf). Acessado em 04/07/2012.

Von Randow, R., Von Randow, C., Hutjes, R.W.A., Tomasella, J., Kruijt, B. **Evapotranspiration of deforested areas in central and southwestern Amazonia**. Theoretical and Applied Climatology. Doi: 10.1007/s00704-011-0570-1

Wright, I. R., Gash, J. H. C., Darocha, H. R., Shuttleworth, W. J., Nobre, C. A., Maitelli, G. T., Zamparoni, C. and Carvalho, P. R. A. (1992). **Dry season micrometeorology of central Amazonian ranchland**. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 118(508): 1083-1099.