



Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Coordenação de Capacitação
Divisão Apoio Técnico

PIBIC

2.275

**PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INPA
RELATÓRIO FINAL**

**ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE UMA FLORESTA
TROPICAL A PARTIR DO MÉTODO DE PENMAN MONTEITH E TANQUE
CLASSE A**

BOLSISTA: Edivan de Souza Rodrigues

ORIENTADOR(A): LUIZ ANTÔNIO CANDIDO

Relatório Final apresentado ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, como requisito para a conclusão como participante do Programa de Iniciação Científica do INPA.

Manaus – Amazonas
2017

Apoio Financeiro:



Realização:



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES





Título Trabalho do Bolsista: Estimativa da evapotranspiração de uma floresta tropical a partir do método de penman monteith e tanque classe A

A evapotranspiração é a quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, por unidade de tempo, de uma superfície abrangente coberta por vegetação de baixo porte e bem suprida de água. E a evaporação é a perda de água para a atmosfera de uma superfície saturada exposta as condições climáticas, ou seja, esse processo envolve a evaporação da água das superfícies de água livre (rios, lagos, represas, oceano e etc). Sedyama (1996), citou que o método de Penman-Monteith apresenta vantagens sobre os demais na quantificação da ETo (evapotranspiração de referência), pois não somente concilia os aspectos aerodinâmico e termodinâmico, mas também inclui a resistência do fluxo de calor sensível e o vapor d'água no ar e a resistência da superfície (planta) a transferência de vapor d'água.

O método de PMFAO (Penman Monteith Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) é considerado o método mais indicado internacionalmente para a estimativa da ETo, sendo adotado como padrão e é usado há duas décadas procurando representar de maneira mais consistente o fenômeno biofísico da evapotranspiração (ALLEN et al., 1998), usando quase todos os resultados dos elementos climatológicos observados em estações meteorológicas de superfície. O trabalho tem como objetivos:


- a) Determinação da evapotranspiração de uma área de floresta comparando dois métodos de estimativa (Penman Monteith FAO e de tanque classe A).
- b) Monitoramento dos parâmetros climáticos.
- c) Construção de um evaporímetro.
- d) Estimar evapotranspiração pelo método de Penman-Monteith e Tanque Classe A.

Palavras Chave: Evaporação e Evapotranspiração

Subárea: CLIMA E AMBIENTE – CLIAMB.

Financiamento: FAPEAM

Data: ____/____/____


Luiz Antônio Carneiro
Pesq. Titular/CDAM/INPA
Orientador(a)

Bolsista

Apoio Financeiro:



Realização:



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES





1. INTRODUÇÃO

A evaporação e a evapotranspiração, fisicamente, dizem respeito ao mesmo fenômeno, e que a mudança de fase da água, da fase líquida para a de vapor. Entretanto, no estudo da evaporação, considera-se apenas a água perdida pelo solo e por superfície de água livre (p. ex. rios, lagos), enquanto que na evapotranspiração leva-se em conta a perda conjunta de água pelo solo e pela planta. A evaporação da água contida na superfície foliar é contabilizada como perda por interceptação e sofre influência direta da demanda atmosférica por vapor d' água. A evapotranspiração é o processo que contabiliza a perda de água por evaporação e transpiração de toda a superfície ocorrendo simultaneamente.

B U H O T & OUPRIEZ (1973) concluíram não existir uma correlação estreita entre a evaporação diária medida no tanque e aquela calculada pela fórmula, resultados estes que indicam a necessidade de se estudar a razão entre as duas grandezas em conjunção com as variáveis climáticas, enquanto Assim BALDY (1978) estabeleceu que a razão entre a evapotranspiração potencial calculada segundo a equação de Penman e a evaporação do tanque Classe A é, na região onde foi desenvolvido seu estudo, dependente apenas da umidade relativa do ar.

PERRIER & HALLAIRE (1979), iniciaram o seu primeiro com relação a análise teórica que justificasse com exatidão o resultado experimental alcançado. Mesmo com muitos obstáculos os autores provaram que, numa primeira aproximação, a equação simplificada depende apenas da umidade relativa do ar e que fazia parte de uma expressão mais genérica, que poderia descrever a evolução da razão entre os dois valores de evaporação em função dos diversos parâmetros climáticos e das condições aerodinâmicas próprias do tanque Classe A.

Em relação ao emprego das medidas de evaporação desse tanque, usando como quantidade padrão de referência a evapotranspiração calculada pela fórmula de Penman. THOM et al (1981) em seu trabalho usou a melhor análise.

Vários fatores que podem interferir na estimativa da evapotranspiração, tais como: a abertura dos estômatos, a refletividade e rugosidade da superfície, a extensão da área e o tipo de



cobertura vegetal, a estação do ano, a disponibilidade de energia, a demanda atmosférica e o suprimento de água no solo (VIANELLO, R.L. e ALVES, 1991).

Sediyama (1996), citou que o método de Penman-Monteith apresenta vantagens sobre os demais na quantificação da ETo, pois não somente concilia os aspectos aerodinâmico e termodinâmico, mas também inclui a resistência do fluxo de calor sensível e o vapor d'água no ar e a resistência da superfície (planta) a transferência de vapor d'água.

Pereira et al. (1997), citaram que a evapotranspiração em áreas vegetadas circundadas por áreas secas, decresce com a distância a medida que o vento avança na área úmida.

Apesar da existência de diversos métodos para estimar a evapotranspiração, eles são utilizados em condições ambientais muito diferentes daquelas que foram concebidos. Portanto é preciso avaliar as fontes de erros e a precisão dos vários métodos antes de aplica-los em ambientes distintos. A evapotranspiração é medida diretamente com instrumentos denominados lisímetros (PEREIRA ET AL. (1997a)), enquanto a evaporação pode ser medida através de tanques evaporímetros. O tanque evaporímetro mais usado é o "Classe A". É um instrumento amplamente utilizado em métodos de estimativa da evapotranspiração com grande praticidade e facilidade, mais que depende totalmente de um observador.

A FAO (Federação das nações unidas para a agricultura e alimentação) recomendou a adoção do método de Penman-Monteith como padrão na estimativa da evapotranspiração de uma superfície de referência (ALLEN et al., 1998).

O trabalho tem como objetivos básicos a identificação dos principais parâmetros do clima que regulam:

- a) Determinação da evapotranspiração de uma área de floresta, comparando dois métodos de estimativa.
- b) Monitoramento dos parâmetros climáticos.
- c) Construção de um evaporímetro.

Apoio Financeiro:



Realização:



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES





d) Estimar evapotranspiração pelo método de Penman-Monteith e Tanque Classe A.

1. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O sistema de medidas climáticas está instalado na área de estação meteorológica da reserva florestal Adolpho Ducke (figura 1), localizada no Km 26 da Estrada Manaus-Itacoatiara (AM-010), com 10.072 ha e serve como suporte para todos os segmentos das pesquisas do Inpa e de outras instituições nacionais e internacionais. Possui uma cobertura vegetal ombrófila densa, típica de floresta tropical úmida de terra firme da Amazônia, dossel uniforme com uma altura média de 32 m segundo a classificação RADAM-BRASIL (1978), está situada no divisor de águas de duas principais bacias de drenagem: um para o Rio Amazonas e o outro para o Rio Negro, com o clima tropical úmido segundo Köppen, temperatura média de 26°C (máxima 39°C e mínima 19°C) e sua precipitação anual varia de 1.900 a 2.300 mm, com uma estação chuvosa de dezembro a maio e a estação seca de junho a novembro.

Serão coletados dados utilizando sensor de umidade foliar, de nível de água, de radiação solar, de umidade e temperatura do ar e velocidade do vento. A construção do evaporímetro será em base de PVC e as estimativas de evapotranspiração serão comparadas entre o método de Penman-Monteith e do Tanque “Classe A” (PEREIRA et. al, 1997).

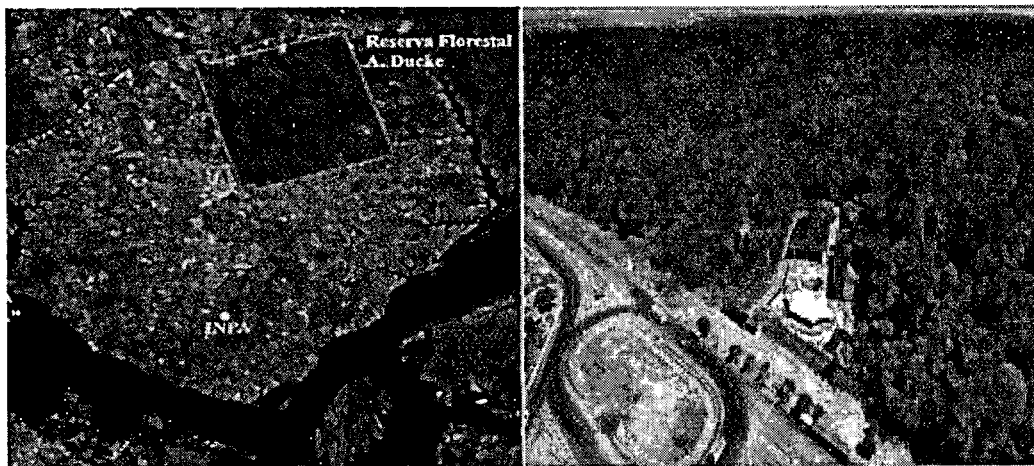


Figura 1 –Localização da área de estudo, Reserva Adolfo Ducke Manaus-AM.

Apoio Financeiro:



Realização:



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES





2.2 Metodologia

2.2.1 Método de Penman-Monteith

Penman propôs o método de estimativa da evapotranspiração potencial que levam em consideração as condições aerodinâmicas e energéticas a que estar submetida à superfície evaporante. Por isto, é enquadrado dentre os denominados métodos combinados. Esse método sofreu sucessivas alterações ao longo do tempo quando se incorporou a resistência da superfície e os cálculos da resistência aerodinâmica. A estimativa da evapotranspiração, para o método de 24 horas, pelo método combinado de Penman-Monteith pode ser expressa pela seguinte equação:

$$ET_o = \frac{\delta}{\delta + \gamma^*} (Rn - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma^*} \frac{900}{t + 273} U_2 (e_s - \bar{e})$$

em que:

ET_o - evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹)

R_n - saldo de radiação à superfície (MJ m⁻² dia⁻¹)

G - fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹)

t - temperatura (°C)

U₂ - velocidade do vento a 2 m de altura, período de 24 horas, (m s⁻¹)

(e_s - e) - déficit de pressão de vapor (kPa)

δ - declividade da curva de pressão de vapor de saturação (kPa °C⁻¹)

λ - calor latente de evaporação (MJ kg⁻¹)

γ* - constante psicrométrica modificada (kPa °C⁻¹)

900- (kJ⁻¹ kg K)

Apoio Financeiro:



Realização:



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES





2.2.2 Método Tanque “Classe A”

Um dos métodos evaporimétricos utilizados para estimativa da ETP (evapotranspiração potencial) é a do tanque classe A (figura 2), sendo um dos métodos mais utilizados para se obter a estimativa de ETP em todo o mundo.

Consiste em um tanque circular, com 1,21 m de diâmetro, 25,4 cm de altura construída em chapa de aço galvanizada pintada de prateado ou cromado. O tanque deve ser instalado em nível, sobre um estrado de madeira pintado com tinta branca, com uma dimensão de 130 cm x 130 cm a 15 cm do solo com o objetivo de evitar trocas energéticas com o solo, o que pode aquecer a massa líquida e interferir na evaporação.

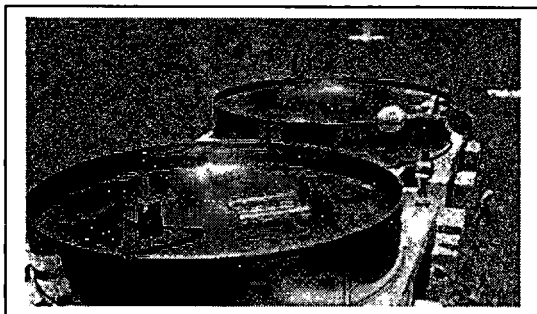


Figura 2 – Tanque Classe A.

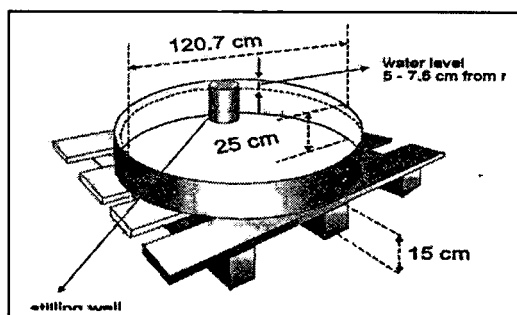


Figura 3 – Medidas do Tanque Classe A.

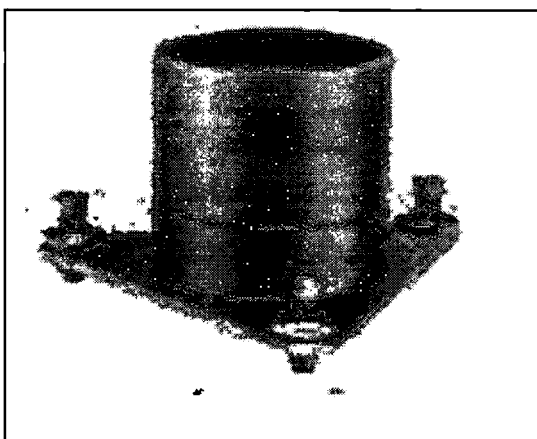


Figura 4 – Tanque Tranquilizador.

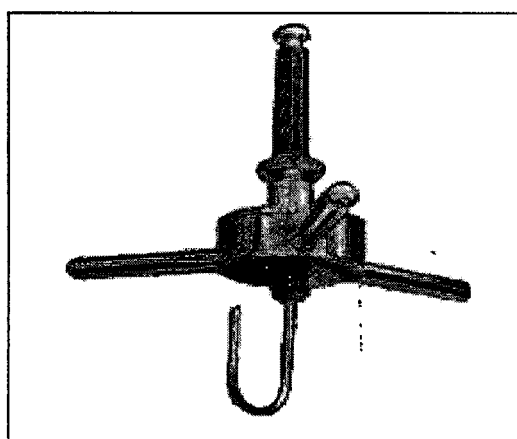


Figura 5 – Parafuso Micrométrico.



O tanque é cheio de água limpa até o nível superior (5 cm a baixo da borda livre do tanque, sendo que o nível mínimo permitido é de 7,5 cm contando a partir da borda), portanto, a profundidade máxima de água no tanque é de 20 cm. O tanque não deve ser cheio acima do nível recomendado, para reduzir o risco de transbordamento em caso de chuva intensa.

Dentro do tanque instala-se um poço tranquilizador (Figura 4), cuja função é de propiciar uma superfície sem ondas para permitir uma leitura exata do nível da água no tanque.

A leitura é feita por meio de um micrômetro de gancho (Figura 5), cujos modelos mais comuns permitem uma precisão de até 0,05 mm.

A leitura do nível do tanque deve ser realizada todos os dias às 09h00min horas (10h00min no período de horário de verão), sendo que a diferença entre duas leituras consecutivas nos dá o valor da evaporação no tanque classe A (ECA). A ETP é determinada multiplicando-se a ECA por um coeficiente de tanque (kT):

$$ECA = (h_n - h_{n+1}) - P$$

$$ETP = kT \cdot ECA$$

em que:

h_n – leitura do nível d'água no tanque, em mm, no dia n;

P – precipitação ocorrida no período;

kT – coeficiente do tanque classe A, adimensional.

O coeficiente kT depende do tipo e da extensão da superfície sobre qual o tanque foi instalado, da umidade relativa do ar e da velocidade do vento, e pode ser encontrado no quadro de coeficiente para conversão da evaporação no tanque classe A em evapotranspiração potencial.

Apoio Financeiro:



Realização:



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES





2.2.3 SENSORES UTILIZADOS

SENSOR DE UMIDADE FOLIAR INTELIGENTE: Fornece dados precisos de molhamento foliar em um número de crescimento e aplicações de pesquisa.

O sensor está pronto para usar e não necessita de qualquer revestimento ou de pintura. Ele utiliza uma grelha capacitiva, que é menos sensível à presença de resíduos de superfície do que os sensores baseados em grades resistivas, e vem pré-condicionados para medições consistentes entre os sensores e para a estabilidade em longo prazo. Juntamente com um cabo de 3 metros, um suporte de montagem é incluído de modo que o sensor pode facilmente ser posicionado para imitar as características de molhado-seco das plantas em estudo.

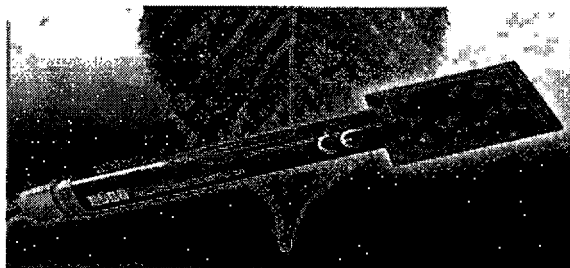


Figura 6 – Sensor de Umidade Foliar

TRANSDUTOR DE PRESSÃO HOBO U20L001 (Figura 7): É um data logger de baixo custo, para pesquisa para medir continuamente o nível de água e temperatura em uma ampla gama de ambientes subaquáticos. Possui precisão de 0,1 % medida, uma caixa de polipropileno para uso em água, tanto doce e salgada.



Figura 7 – Transdutor de pressão HOBO U-20L



SENSOR DE RADIAÇÃO SOLAR (Figura 8): As aplicações onde a medição de radiação solar tem importância são inúmeras: estudos das transformações da energia no sistema terra-atmosfera, controle e otimização da evapotranspiração e outros parâmetros na agricultura, estudos de eficiência e viabilidade de instalações fotovoltaicas e termos solares, análise das propriedades e distribuição da atmosfera e dos elementos que a constituem (aerossóis, vapor de água, ozono...), estudos sobre a sua influência na saúde humana, entre muitas outras.



Figura 8 - Sensor de Radiação.

SENSOR DE UMIDADE E TEMPERATURA (Figura 9): O registrador HOBO Pro v2 temperatura/Humidade Relativa é um registrador à prova de água com sensores internos de temperatura e de humidade relativa. O sensor de humidade relativa proporciona maior durabilidade em ambientes húmidos e é substituível pelo utilizador e o Rht2nl é uma associação de sensor de umidade relativa com sensor de temperatura acoplados em uma caixa de proteção cilíndrica.

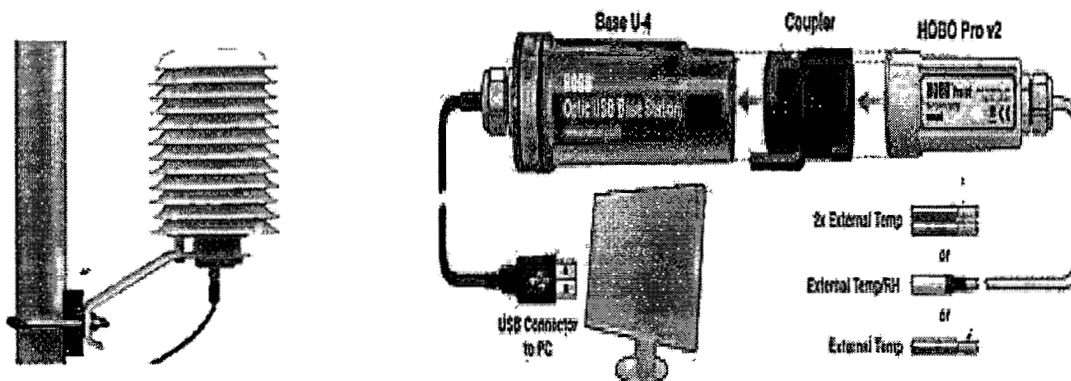


Figura 9 – Sensor de Umidade e Temperatura



Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Coordenação de Capacitação
Divisão Apoio Técnico

SENSOR DE VELOCIDADE DO VENTO(U2): Medir a velocidade do vento de 0 a 45 m / s (0 a 100 mph). Este sensor inteligente oferece comunicação de dados de velocidade do vento média e rajada máxima segundo 3 para cada intervalo de registro. O limiar de partida é 1 m / s (2,2 mph); Sensor sobrevive através de 120 mph. Este modelo vem com um cabo de 3m.

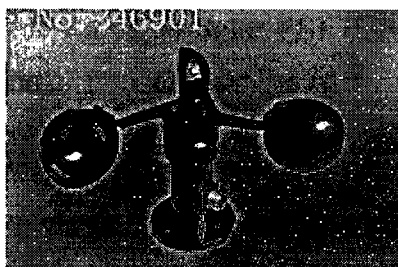


Figura 10 - Sensor de Velocidade do Vento(U2).

PLUVIÔMETRO HOBO - ONSET: O pluviômetro é alimentado por uma pilha e registra dados com o auxílio de um registrador integrado HOBO® Pendant Evento e um pluviômetro de báscula. Este modelo grava automaticamente até 3.200 mm milímetros de pluviosidade que podem ser usados para determinar a duração de pluviosidade, registrar temperaturas quando usado com um protetor radiação solar opcional (RS1 protetor radiação solar, ou M-RSA).

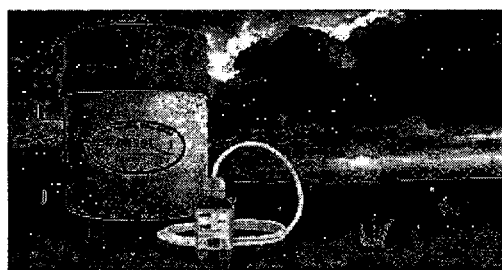


Figura 11 - Pluviômetro Hobo – ONSET.

Apoio Financeiro:



Realização:



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES





RÉGISTADOR HOBO PENDANT® DATA LOGGER DE TEMPERATURA/ALARME: Tem um canal e é recomendado para monitorizações de curto e longo prazo. Este registador apresenta um indicador de LED, que avisa quando os parâmetros pré-estabelecidos são excedidos. Este modelo 64K armazena 52K de leituras de temperatura de 10-bit. Use um protetor de radiação solar para medições precisas de temperatura em ambientes expostos à luz solar. Veja também o protetor de Radiação Solar RS1 (montagem necessária) e o protetor de Radiação Solar M-RSA (pré-montado).

Segundo (Filho, A.O. M, 1981 e 1982), os valores diários de evaporação do tanque Classe A, no período de agosto de 1981 a setembro de 1982, foram determinados e estão reunidos na Tabela 1 de seu artigo, onde foi calculada a evapotranspiração potencial para vegetação de pequeno porte, através da equação k , com os valores médios diários de velocidade do vento, insolação, temperatura e umidade relativa do ar, e os valores resultantes são apresentados na Tabela 2 que se encontra em seu artigo.

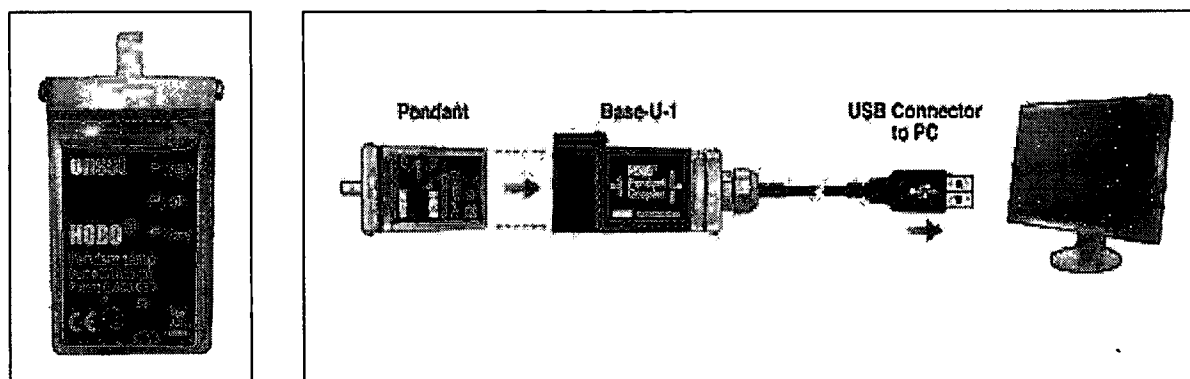


Figura 12 - Registrador Hobo Pendant® data logger de temperatura/alarme



2.2.4 Evaporimetro (Evapo-one)

Foi desenvolvido por nossa equipe dois evaporímetros para registrar as perdas potenciais de água a partir de diferentes superfícies, tais como, represas, áreas urbanas, solo úmido e superfície das folhas, os evaporímetros foram denominados Evapo-one e possui características diferentes da do “Tanque de Classe A”, mais com o mesmo objetivo, tendo dois tanques alimentadores d’água com formas verticais e cilíndricas, dois reservatórios evaporantes, dois sensores de nível d’água HOBO U20L001 (Transdutor de Pressão automático). A figura 12 mostra os componentes dos protótipos.

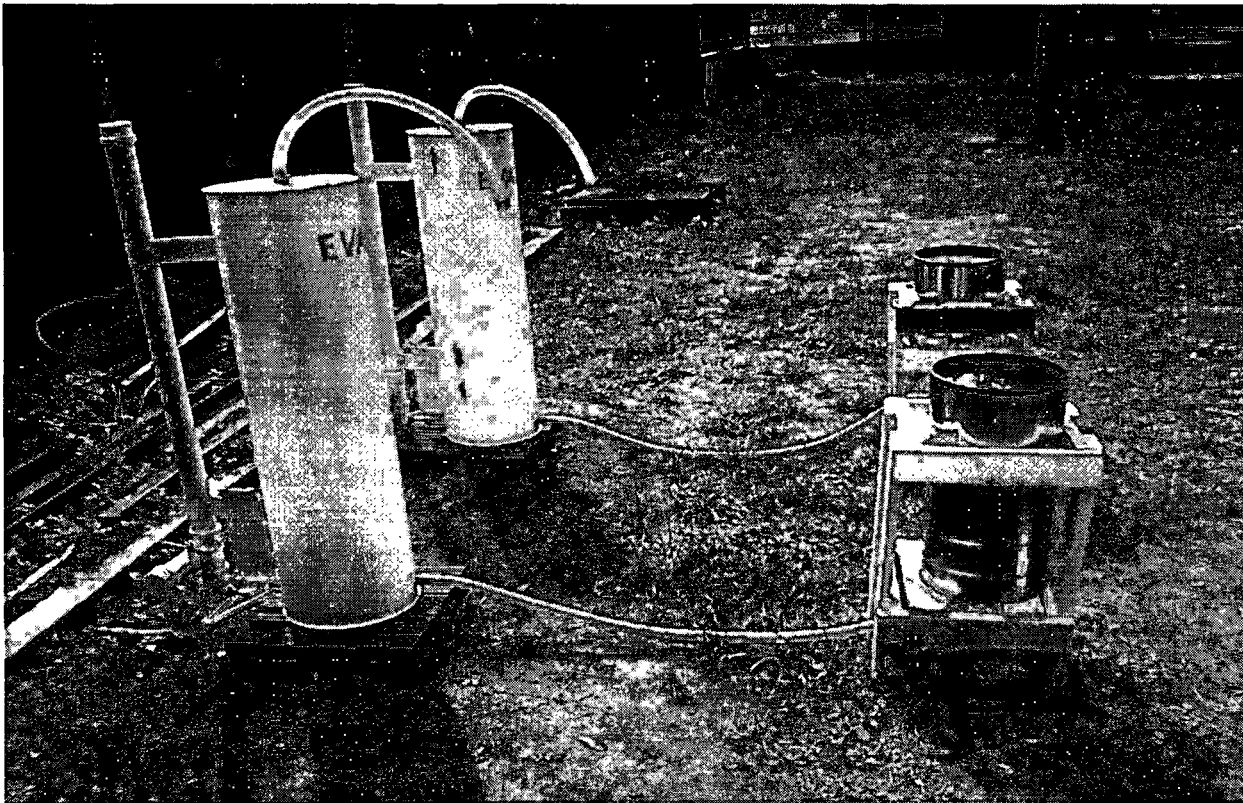
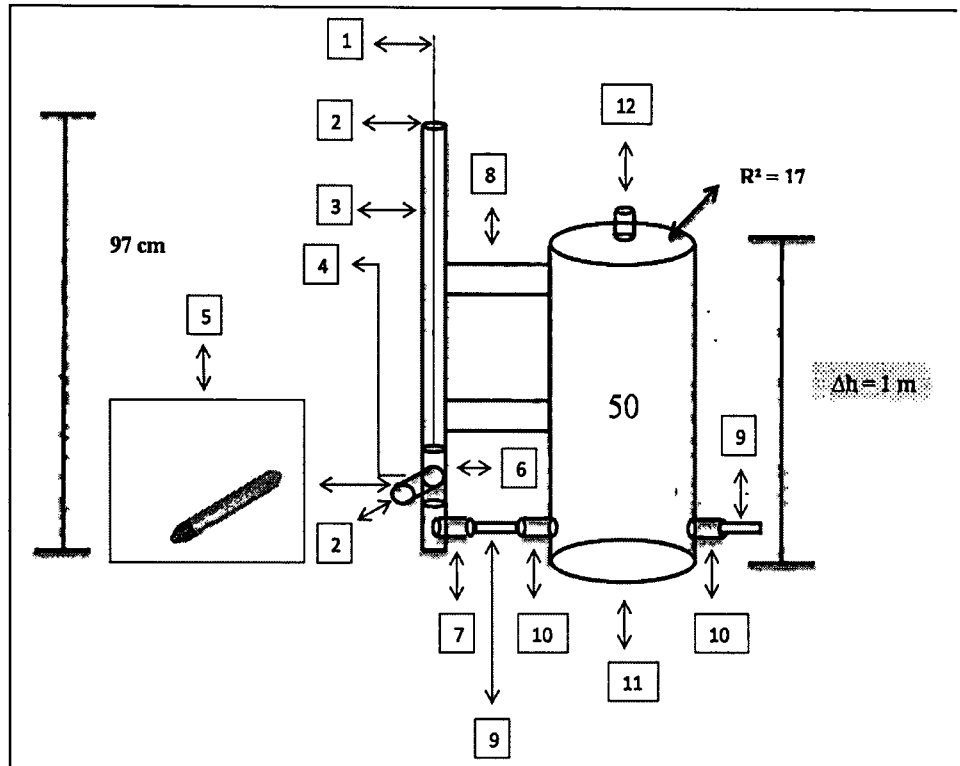
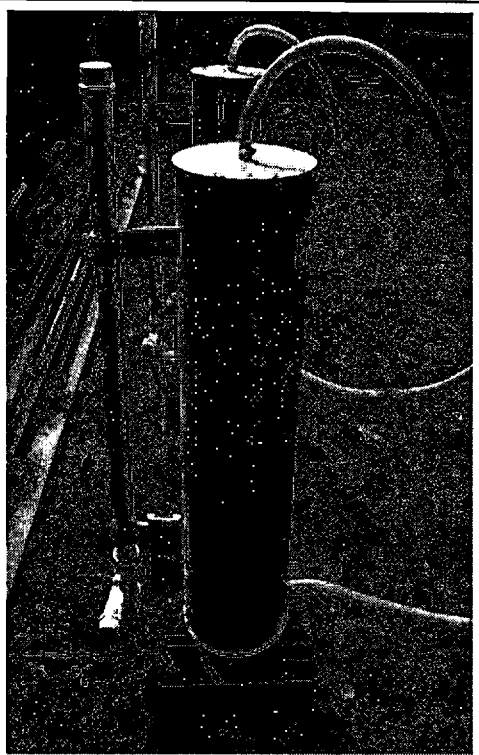


Fig. 13 – Evaporimetro (Evapo-one)



- 1 – Arame recozido com um pedaço de esponja (Usado para acompanhar o nível d'água).
- 2 – Cap. de PVC 50 mm com furo para passagem do arame medidor de nível d'água.
- 3 – Cano de PVC 50 mm (97cm).
- 4 – Cano de PVC 50 mm (15 cm).
- 5 – O HOBO U20L001(Transdutor de Pressão automático).
- 6– T de PVC 50 mm.
- 7– Adaptador para borracha.
- 8– Placa de ferro para fixação.
- 9 – Borracha de plástico 1/2 mm.
- 10 – Saída do tanque reservatório de alimentação d'água.

Apoio Financeiro:



Realização:



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES





11 – Tanque de reservatório de alimentação d'água.

12– Entrada do tanque reservatório de alimentação d'água.

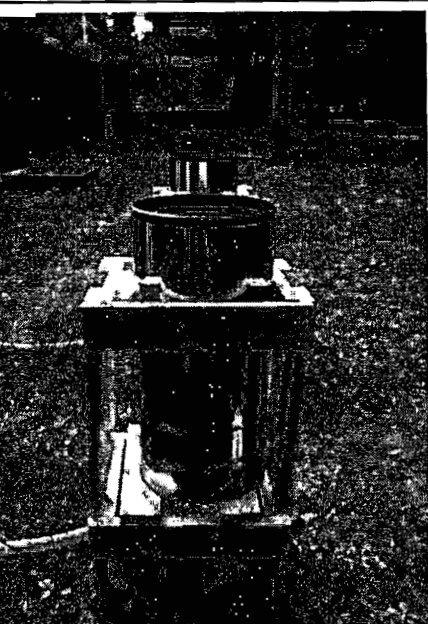


Fig. 15 - Reservatório Evaporante

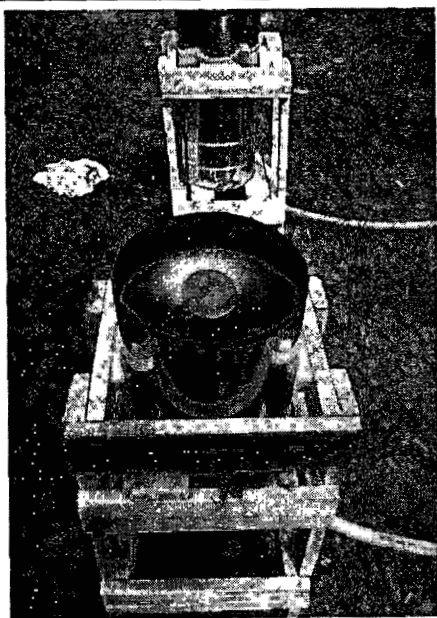


Fig. 16 - Reservatório Evaporante



Fig. 17–Tanque Alimentador H₂O

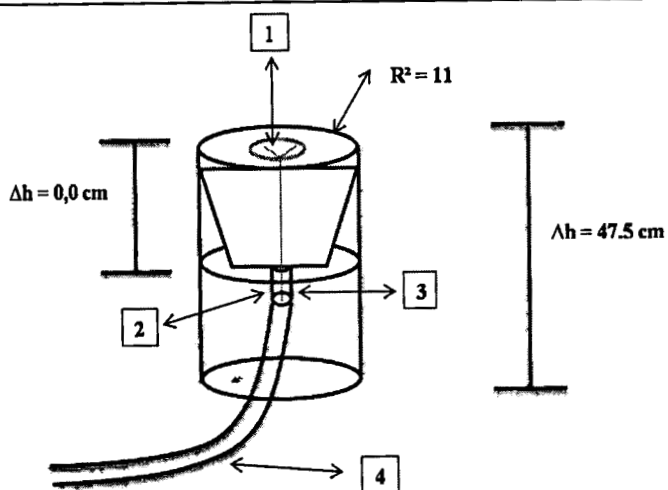


Fig. 18 – Reservatório Evaporante

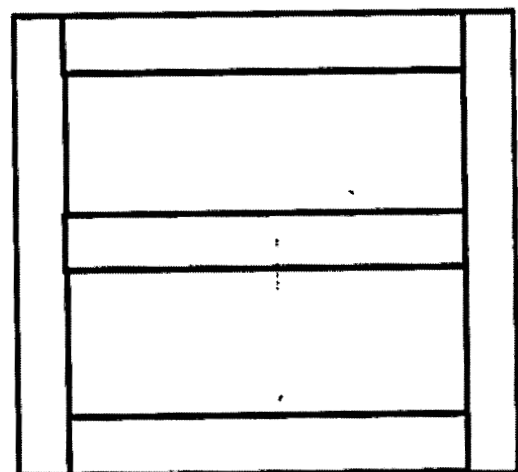


Fig. 19 - Suporte de Madeira

Apoio Financeiro:



Realização:



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES





11 – Tanque de reservatório de alimentação d'água.

12– Entrada do tanque reservatório de alimentação d'água.

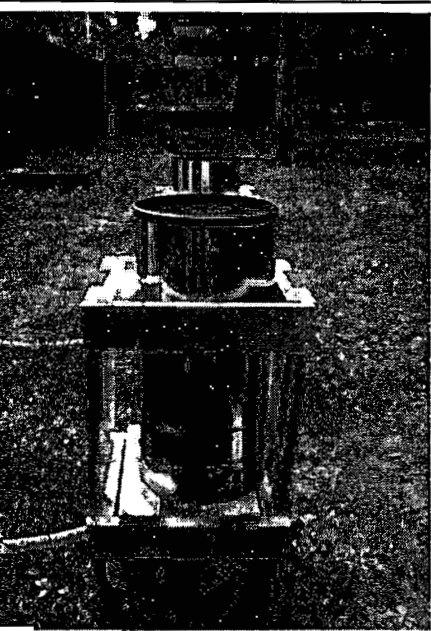


Fig. 15 - Reservatório Evaporante

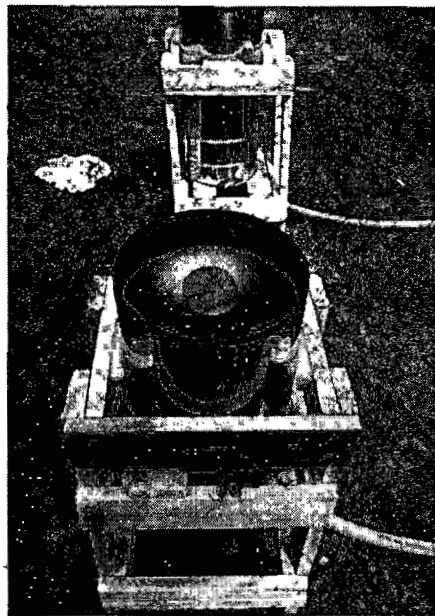


Fig. 16 - Reservatório Evaporante



Fig. 17–Tanque Alimentador H₂O

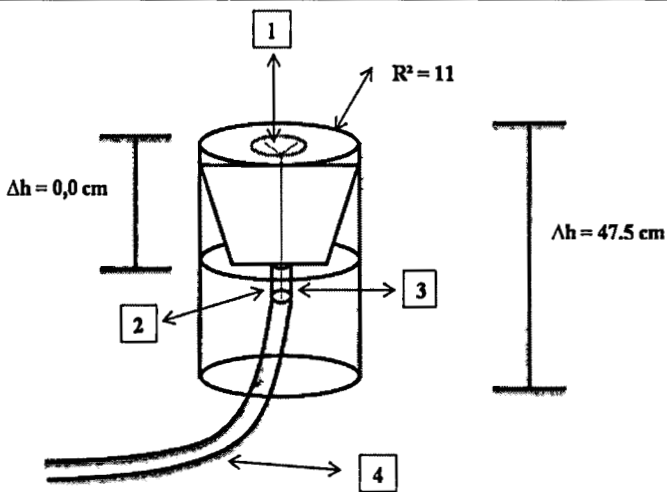


Fig. 18 – Reservatório Evaporante

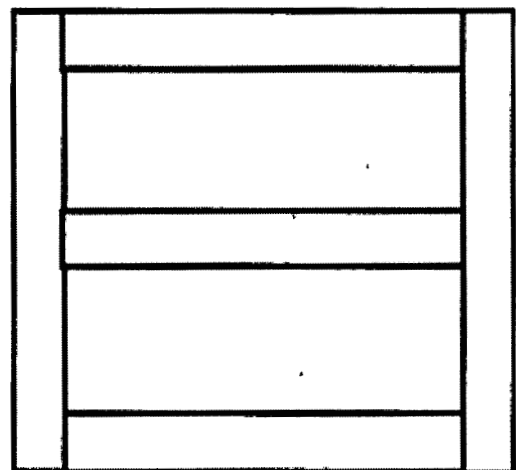


Fig. 19 - Suporte de Madeira

Apoio Financeiro:



Realização:



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES





Os tanques alimentadores d'água são abastecidos com 50 litros de água e essa água, através da pressão que ela recebe é transportada por mangueiras que estão interligadas entre os tanques alimentadores e os reservatórios evaporantes. Toda água evaporada é contabilizada através do sensor de nível de água (Transdutor de Pressão HOBO U-20 L automático), que foi programado para registra a cada 15 minutos o nível da água nos tanques de alimentação.

Em caso de chuva os reservatórios irão transborda, com isso todos os dados do sensor de nível de água (Transdutor de Pressão HOBO U-20 L automático), serão comparados ao do pluviômetro que estar estalado próximo ao evaporimetro, a fim de contabilizar a quantidade de água adicionada ao sistema evaporante em mm.

Equação usada sem ocorrência de chuva é:

$$P = 0$$

$$\Delta S = H_{t+1} - H_t$$

$$\Delta t = 15min$$

$$E = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{m}{s} \equiv \frac{mm}{dia}$$

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = P - E$$

$$-E = \frac{\Delta S}{\Delta t} - P$$

$$E = P - \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

em que:

ΔS – variação do espaço

Δt – variação do tempo

Apoio Financeiro:



Realização:



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES





H – altura

P – precipitação

E – evaporação

m/s – metros/ segundos

mm/dia – milímetros/dia

t - tempo

Através dos dados coletados pelo sensor de nível de água (Transdutor de Pressão HOBO U-20 L automático), poderemos compará-los ao método de PENMAN MONTEITH, que através dos dados coletados pelos sensores de radiação, temperatura e umidade, velocidade do vento e o sensor de umidade foliar, poderemos usa-los na seguinte equação:

$$ET_o = \frac{\delta}{\delta + \gamma^*} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma^*} \frac{900}{t + 273} U_2 (e_s - \bar{e})$$

O parâmetro climático dominante no processo de evaporação do tanque é o déficit de saturação do ar. Para se obter o resultado do valor da evaporação potencial, na equação de regressão resultante, enquanto a razão entre a evapotranspiração potencial, calculada pela formula de Penmam, e aquela evapotranspiração observada estar vinculada entre a razão entre as diferenças das temperaturas da superfície d'água e do ar e do déficit de saturação com o coeficiente de determinação. Logo sendo uma Regressão e Correlação linear, pois são relacionados os valores do tanque com o método de Penman Monteith (MAGALHÃES, M. N.; LIMA, A. C.; P. *Noções de probabilidade e estatística*. São Paulo: Edusp, 2002).

Apoio Financeiro:



Realização:



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES





3 RESULTADOS PRELIMINARES E DISCUSSÃO

As figuras 19,20 e 21 mostram os sensores climatológicos utilizados no projeto (sensor de radiação, umidade relativa do ar, velocidade do vento e temperatura) e também o transdutor de pressão que foi instalado na superfície do “tanque classe A” para medir o nível e pressão e temperatura da água.

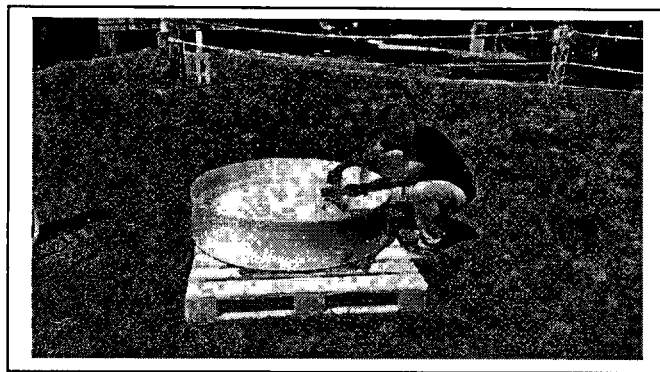


Fig. 20 Tanque classe A

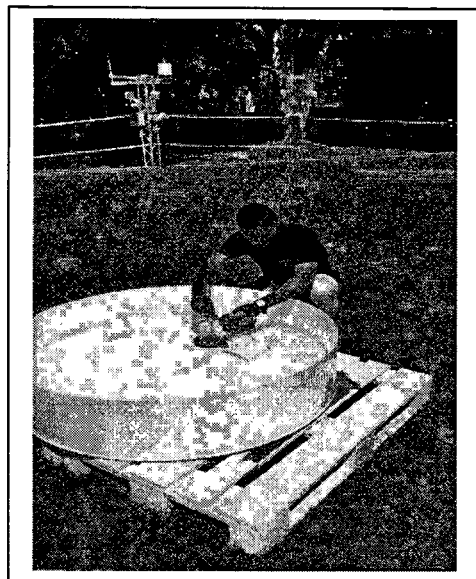


Fig. 21 Tanque classe A e sensores de climatológicos

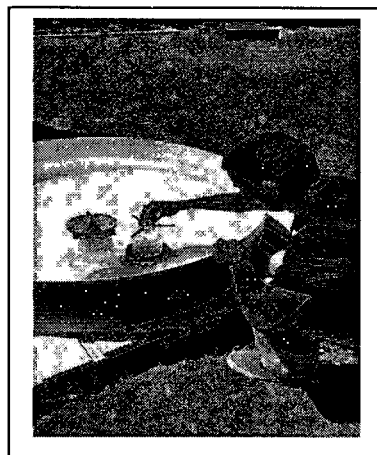


Fig. 22 – Medida do nível de Água

A tabela 1 demonstra resultados das variáveis climatológicas utilizadas para se encontrar o resultado da evapotranspiração, sendo elas a temperatura máxima e mínima e de umidade relativa máxima e mínima de cada dia durante um período de 13 dias. Esses valores são coletados através de sensores específicos para cada variável climatológica.



Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Coordenação de Capacitação
Divisão Apoio Técnico

Todos os dados das variáveis climatológicas encontrados na tabela 1 são acrescentados em uma planilha de Excel e convertidos em valores que serão utilizados para se encontrar o valor da evapotranspiração, todos os dados das variáveis demonstram o comportamento do clima para cada dia de coleta e esse comportamento é de suma importância para monitoramento da evapotranspiração e todos esses dados são convertidos gerando um valor de ETos para cada dia como pode ser observado na tabela 2.

Na tabela 2 estão os resultados coletados diariamente da evapotranspiração do “tanque classe A” (ETCa), que consisti de valores diários de um certo período da ECA (Evaporação da água do “Tanque Classe A”) multiplicado pelo valor do K_T (Coeficiente de Tanque) que se encontra na tabela 3 e correspondente, que depende do tamanho da bordadura na qual o tanque está exposto, da umidade relativa (UR) e velocidade do vento (V ou U encontrado na equação de Penman-Monteith). O valor do K_T nada mais é que um coeficiente de ajuste entre ET_o e ECA e a evapotranspiração de uma gramínea de referência (ET_o), sendo que estes valores mudam em período de seca, podendo aumentar devido o déficit de saturação do ar no período de seca.

Tabela 1 – Resultados coletados

	Data Hora, GMT-04:00	Máx.: Temp., °C (LGR S/N: 10652006, SEN S/N: 10652006, LBL: Temp_A1)	Mín.: Temp., °C (LGR S/N: 10652006, SEN S/N: 10652006, LBL: Temp_A1)	Máx.: HR, % (LGR S/N: 10652006, SEN S/N: 10652006, LBL: UR_A1)	Mín.: HR, % (LGR S/N: 10652006, SEN S/N: 10652006, LBL: UR_A1)
1	07/07/17 12h0min0s	33,287	26,231	80,448	50,403
2	07/08/17 12h0min0s	33,469	24,653	88,462	49,485
3	07/09/17 12h0min0s	33,626	24,388	85,693	54,601
4	07/10/17 12h0min0s	31,816	25,113	86,916	60,927
5	07/11/17 12h0min0s	33,626	24,508	88,271	45,235
6	07/12/17 12h0min0s	33,469	24,46	85,295	46,146
7	07/13/17 12h0min0s	32,691	25,404	85,141	52,934
8	07/14/17 12h0min0s	27,161	24,605	91,396	83,137

Apoio Financeiro:



Realização:



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES





Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Coordenação de Capacitação
Divisão Apoio Técnico

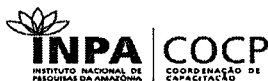
Tabela 2- Resultados de Evapotranspiração.

1-Jun-17	ET_{os}	ETCa
2-Jun-17	(mm d ⁻¹)	(mm d ⁻¹)
3-Jun-17	2,37	
4-Jun-17	1,94	
5-Jun-17	2,22	
6-Jun-17	3,45	
7-Jun-17	2,39	
8-Jun-17	2,35	
9-Jun-17	3,22	
10-Jun-17	1,36	
11-Jun-17	3,45	
12-Jun-17	3,26	
13-Jun-17	2,94	
14-Jun-17		
15-Jun-17		
16-Jun-17		
17-Jun-17		
18-Jun-17		
19-Jun-17		
20-Jun-17		
21-Jun-17		
22-Jun-17		5,055
23-Jun-17		1,185
24-Jun-17		3,4725

Apoio Financeiro:



Realização:



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES





Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Coordenação de Capacitação
Divisão Apoio Técnico

25-Jun-17		4,5825
26-Jun-17		
27-Jun-17		
28-Jun-17		4,8
29-Jun-17		1,455
30-Jun-17		5,25
1-Jul-17		5,565
2-Jul-17		2,325
3-Jul-17		
4-Jul-17		
5-Jul-17		3,885
6-Jul-17		4,845
7-Jul-17		2,175
8-Jul-17		2,745
9-Jul-17		1,38
10-Jul-17		
11-Jul-17		
12-Jul-17		4,35
13-Jul-17		1,125
17-Jun-17		1,425
18-Jun-17		

Apoio Financeiro:



Realização:



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES





A figura 23 ilustra o comportamento da relação entre os dois métodos de estimativa de evapotranspiração utilizados no trabalho, sendo eles o método de Penman-Monteith e de tanque classe A, no período de 1 a 13 de junho do ano de 2017, na área de reserva biológica Adolfo Ducke – Manaus/Am. Nesse primeiro período o projeto passou por processos de reajustes, pois se trata de um projeto em fase de construção. O trabalho terá continuação para que seja feito algumas melhorias e coleta de resultados de um período maior.

Os resultados do gráfico demonstra uma diferença entre o método de Penman-Monteith que teve valores de 2 a 4 mm dia e do método do tanque classe A, com valores de 2 a 5 mm dia, mostrando a importância das variáveis climáticas para a estimativa de evapotranspiração.

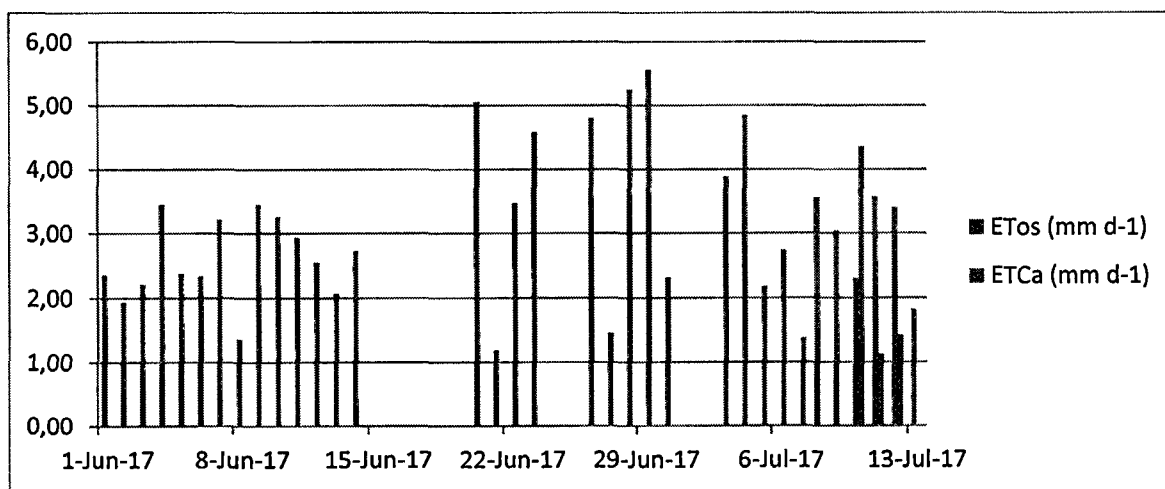


Figura 23- Gráfico de valores de ETos e ETCa

Para leitura de nível do tanque classe A, foi utilizado o K_T que é o coeficiente de tanque, ou seja, esse coeficiente depende do tipo e da extensão da superfície sobre a qual o tanque foi instalado, da umidade relativa do ar e da velocidade do vento e pode ser encontrado na tabela 1. Nosso tanque tem em média 1 metro de bordadura de grama e uma umidade relativa >70 , logo nosso coeficiente é 0,75.



Tabela 3 – Coeficientes (KT) para tanque classe A

V. Vento (m/s)	TANQUE SOBRE GRAMA				TANQUE SOBRE SOLO NU			
	Bordadura (m)	Umidade Relativa (%)			Bordadura (m)	Umidade Relativa (%)		
		<40	40-70	>70		<40	40-70	>70
<2,0	1	0,55	0,65	0,75	1	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1.000	0,75	0,85	0,85	1.000	0,50	0,60	0,70
2,0 a 5,0	1	0,50	0,60	0,65	1	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	10	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60	0,65
	1.000	0,70	0,80	0,80	1.000	0,45	0,55	0,60
5,1 a 8,0	1	0,45	0,50	0,60	1	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55	0,65
	100	0,60	0,65	0,70	100	0,45	0,50	0,60
	1.000	0,65	0,70	0,75	1.000	0,40	0,45	0,55
>8,0	1	0,40	0,45	0,50	1	0,50	0,60	0,65
	10	0,46	0,55	0,60	10	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45	0,50
	1.000	0,55	0,60	0,65	1.000	0,35	0,40	0,45

CONCLUSÃO

Através dos resultados amostrados pelo método de Penman-Monteith observou valores de 2 a 4 mm dia enquanto a evapotranspiração segundo o método de tanque classe A, tendeu a ser maior com valores de 2 a 5 mm dia, mostrando que os métodos tem diferença entre si, mais em método de magnitude o método de Penman-Monteith é o mais indicado por utilizar métodos físicos da natureza.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. Manual de Irrigação. 08.ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 625p.



Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Coordenação de Capacitação
Divisão Apoio Técnico

BALDY, CH. M.-1978. Utilisation d'une relation simples entre la bac classe A et la formule de Penman pour l'estimation de L'ETP en zone saoudano - sahelienne - Anuales Agro nomiques ,29 C5 : 439 - 452 .

BUI TOT, F. & DUPRIEZ, G. L. - 1973. L'evaporation d'un bac d'eau Libre - sa signification retreint - Journal of Hydrology,20 : 83 – 95.

CHRISTOFIDIS, D. Irrigação, a fronteira agrícola na produção de alimentos. Revista Item, v.2, n.54, p. 46-55, 2002.

MAGALHÃES, M. N.; LIMA, A. C. P. *Noções de probabilidade e estatística*. São Paulo: Edusp, 2002.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A; SEDIYAMA, G. Evapo(transpi)ração. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

RADAMBRASIL, Projeto. 1978. Programa de integração nacional. Levantamento de recursos naturais, v. 16.

SEDIYAMA, G.C. Estimativa da evapotranspiração: histórico, evolução e análise crítica. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 1-12, 1996.

THOM, A. S.; THONY, J. t.; VAUCLIN, M. - 1981. On the proper employment of a evaporation pans and atmometers in estimating potential transpiration. Quaterly. J. R. Meteorological Society 107 : 711-736.

VIANELLO, R.L.; e ALVES, A.R. Meteorologia básica e aplicada. Viçosa, Imp. Universitária, 1991. 449 p. (ver cap. 7).

Apoio Financeiro:



Realização:



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

