

“Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

RUDGEN RODRIGUES CALDAS

Engenheiro agrônomo, MSc.

**ESTUDO COMPARATIVO DAS PERDAS D'ÁGUA EM
MESOCOSMOS COLONIZADOS OU NÃO POR AGUAPÉ (*Eichhornia
azurea* (Swartz) kunth)**

Ilha Solteira

2014

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

RUDGEN RODRIGUES CALDAS

Engenheiro agrônomo, MSc.

**ESTUDO COMPARATIVO DAS PERDAS D'ÁGUA EM
MESOCOSMOS COLONIZADOS OU NÃO POR AGUAPÉ (*Eichhornia
azurea* (Swartz) kunth)**

Tese apresentada à Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira - Unesp,
para obtenção do título de Doutor em
Sistema de Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Tadeu
de Carvalho

Ilha Solteira

2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C145e Caldas, Rudgen Rodrigues.
Estudo comparativo das perdas d'água em mesocosmos colonizados ou não por aguapé (*eichhornia azurea (swartz) kunth*) / Rudgen Rodrigues Caldas. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2014

85 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2014

Orientador: Fernando Tadeu de Carvalho

Inclui bibliografia

1. Evapotranspiração. 2. Macrófita aquática. 3. Sensores.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Estudo comparativo das perdas d'água em mesocosmos colonizados ou não por aguapé (Eichhornia azurea (Swartz) kunth)

AUTOR: RUDGEN RODRIGUES CALDAS

ORIENTADOR: Prof. Dr. FERNANDO TADEU DE CARVALHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. FERNANDO TADEU DE CARVALHO

Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. SERGIO LUIS DE CARVALHO

Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. ALEXANDRE NINHAUS SILVEIRA

Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MARCELO ROCHA CORREA

Incubadora de Base Tecnológica / Techfield Consultoria em Agricultura

Prof. Dr. EDUARDO NEGRISONI

Incubadora de Base Tecnológica / Techfield Consultoria em Agricultura

Data da realização: 13 de agosto de 2014.

OFEREÇO

A Deus e aos meus estimados pais

Maria de Fátima Caldas

José Rodrigues de Oliveira

DEDICO

À minha esposa, minha irmã e minha sobrinha

Dijiani Ludovino Guanais

Charlene Rodrigues Caldas Paganini

Julia Rodrigues Paganini

AGRADECIMENTOS

A Deus pelas alegrias proporcionadas e por estar sempre presente, me auxiliando na superação dos momentos mais difíceis;

À Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia e ao Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia, pelo apoio e oportunidade concedidos na realização desse curso;

Ao professor Dr. Fernando Tadeu de Carvalho pela valiosa orientação dedicada nos últimos anos que trabalhamos juntos, que me revelou autêntica demonstração de profissionalismo, competência, humildade, confiança e companheirismo, à minha pessoa, a quem considero não só como um amigo, mas como um exemplo de vida.

Ao professor Dr. Francisco Maximino Fernandes pela amizade, auxílio e trabalhos prestados.

Aos professores do curso, pelos ensinamentos, colaborações, incentivos e companheirismo.

Aos funcionários da Biblioteca, pela dedicação e apoio à realização das pesquisas.

Aos meus amigos(as) de curso, pelo apoio, amizade e momentos felizes de descontração. Enfim, agradeço a todos que nestes 5 anos me ajudaram a ser hoje uma pessoa melhor em todos os aspectos e àqueles que até neste momento não foram lembrados, porém jamais esquecidos.

Muito obrigado a todos que direta ou indiretamente participaram da realização deste trabalho.

RESUMO

Com a poluição hídrica a importância do estudo dos efeitos das populações de plantas aquáticas sobre os corpos aquíferos vem ganhando notoriedade no campo das pesquisas. Quantidades excessivas desse tipo de vegetação têm trazido vários prejuízos aos ecossistemas aquáticos, entre eles, perdas de água ocasionadas pelas intensas taxas de transpiração dessas plantas. Esse trabalho teve como objetivo estimar a quantidade de água perdida por evapotranspiração de plantas aquáticas flutuantes, utilizando a espécie *Eichhornia azurea* (Swartz) Kunth (aguapé), em reservatórios controlados. O experimento foi conduzido durante o mês de novembro do ano de 2011, em ambiente aberto, no Campus II da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, na cidade de Ilha Solteira/SP. Os tratamentos constaram de duas caixas d'água com volumes idênticos de água de 150 L, sendo que uma delas recebeu posteriormente uma população de *E. azurea*. Para obtenção dos dados de perda de água, foi utilizado um sensor capaz de medir a altura de coluna de água, com precisão milimétrica, variando de 0 a menos 2000 mm. Para a aquisição e leitura dos dados, foi acoplado aos sensores um sistema de coleta de dados em tempo real, ligados a um módulo de aquisição e registro de dados do tipo "data logger". Os dados utilizados no presente trabalho correspondem aos valores obtidos entre 00 horas (zero horas) do dia 02/11/2011 até às 10 horas do dia 12/11/2011, que depois de dispostos na forma de tabelas e figuras comparativas, possibilitaram verificar que a diferença de perda absoluta de água entre as caixas é de pelo menos 179% no tratamento com plantas, o que equivale a uma relação de evapotranspiração/evaporação (ET/E) de 2,79, influenciado pelas variáveis climáticas, em especial, a temperatura.

Palavras-chave: Evapotranspiração. Macrófita aquática. Sensores.

ABSTRACT

With water pollution is important to study the effects of populations of aquatic plants on the bodies aquifers has gained notoriety in the field of research. Excessive amounts of this type of vegetation have brought many damages to aquatic ecosystems, including, water losses caused by intense transpiration rates of these plants. This study aimed to estimate the amount of water lost by evapotranspiration floating aquatic plant, *Eichhornia azurea* (Swartz) Kunth water hyacinth species in controlled reservoirs. The experiment was conducted during the month of November of the year 2011, in an open environment, Campus II of the Faculty of Engineering of Ilha Solteira - UNESP, in the city of Ilha Solteira/SP. The treatments consisted of two water tanks with identical volumes of 150 L of water, one of whom subsequently received a population of *E. azurea*. To obtain the data from loss of water, a sensor capable of measuring the height of water column, with pinpoint accuracy, ranging from 0 to about 2000 mm was used. For the acquisition and reading of data, was coupled to a system of sensors collecting data in real time, connected to a data acquisition and data logging type "datta logger". The data used in this paper correspond to the values obtained between 00 hours (zero hour) of the day 02/11/2011 until 10am on 12/11/2011, that after arranged in the form of comparative tables and figures, check enabled the absolute difference between the loss of water boxes is at least 179% in treatment plants, equivalent to a ratio of evapotranspiration/evaporation (ET/E) 2.79 influenced by climate variables, in particular temperature.

Keywords: Evapotranspiration. Macrophyte aquatic. Sensors.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Esquema representativo dos tipos de plantas aquáticas baseadas no hábito de crescimento: 1- emersas (marginais), 2- flutuantes enraizadas, 3-flutuantes, 4- submersas. 15
- Figura 2** - Infestação de macrófitas aquáticas associada ao lixo flutuante. Barra Bonita, SP (2001) 16
- Figura 3** - Imagens de *E. azurea*. 17
- Figura 4** - Modelo de caixa d'água utilizada no experimento..... 25
- Figura 5** - Sensor utilizado nos experimento 26
- Figura 6** - Imagens ilustrativas do hardware e do software que foram utilizados na aquisição e exportação dos dados 28
- Figura 7** - Evolução temporal das leituras médias horárias obtidas dos sensores ligados aos tratamentos “caixa com plantas” e “caixas sem plantas”. Volumes expressos em décimos de milímetro de coluna de água. Ilha Solteira / SP, novembro de 2011 37
- Figura 8** - Diferenças volumétricas das leituras médias horárias obtidas dos sensores ligados aos tratamentos “caixa com plantas” e “caixa sem plantas”. Volumes expressos em porcentagem de evolução em relação à leitura anterior. Ilha Solteira / SP, novembro de 2011 39
- Figura 9** - Leituras das médias horárias obtidas dos sensores ligados aos tratamentos “caixa com plantas” e “caixa sem plantas” comparada com as médias da temperatura do ar no mesmo período. Ilha Solteira / SP, novembro de 2011 46

- Figura 10** - Leituras das médias horárias obtidas dos sensores ligados aos tratamentos “caixa com plantas” e “caixa sem plantas” comparada com as médias da umidade do ar no mesmo período. Ilha Solteira / SP, novembro de 2011 48
- Figura 11** - Leituras das médias horárias obtidas dos sensores ligados aos tratamentos “caixa com plantas” e “caixa sem plantas” comparada com as médias da evaporação do Tanque Classe A, no mesmo período. Ilha Solteira / SP, novembro de 2011 50
- Figura 12** - Leituras das médias horárias obtidas dos sensores ligados aos tratamentos “caixa com plantas” e “caixa sem plantas” comparada com as médias do Potencial Total de Água na Atmosfera, no mesmo período. Ilha Solteira / SP, novembro de 2011 52
- Figura 13** - Leituras das médias horárias obtidas dos sensores ligados aos tratamentos “caixa com plantas” e “caixa sem plantas” comparada com as médias da umidade do ar no mesmo período. Ilha Solteira / SP, novembro de 2011 54

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Taxas de ET e razão ET/E para distintas macrófitas ou banhados..... 21
- Tabela 2** - Taxas de ET e razão ET/E para distintas macrófitas ou banhados (continuação) 22
- Tabela 3** - Leituras médias horárias obtidas do sensor ligado ao tratamento “caixa sem plantas”. Dados em décimo de milímetro de coluna de água. Ilha Solteira/SP, novembro de 2011 32
- Tabela 4** - Leituras médias horárias obtidas do sensor ligado ao tratamento “caixa com plantas”. Dados em décimo de milímetro de coluna de água. Ilha Solteira/SP, novembro de 2011 34
- Tabela 5** - Demonstrativo de perdas de água entre os tratamentos “caixa sem plantas” e “caixa com plantas”..... 35
- Tabela 6** - Diferenças das leituras médias horárias obtidas do sensor ligado ao tratamento “caixa sem plantas”. Valores calculados pela diferença entre a leitura atual e a imediatamente anterior, dados em décimo de milímetro de coluna de água. Ilha Solteira/SP, novembro de 2011.....41
- Tabela 7** - Diferenças das leituras médias horárias obtidas do sensor ligado ao tratamento “caixa com plantas”. Valores calculados pela diferença entre a leitura atual e a imediatamente anterior, dados em décimo de milímetro de coluna de água. Ilha Solteira/SP, novembro de 2011 42
- Tabela 8** - Leitura média nos sensores, diferença média volumétrica e perdas acumuladas. Dados diários em unidade de coluna de água. Ilha Solteira / SP, novembro de 2011.....44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	PLANTAS AQUÁTICAS	14
2.2	<i>EICHHORNIA AZUREA</i> (SWARTZ) KUNTH	17
2.3	EVAPOTRANSPIRAÇÃO	18
2.4	EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO AGUAPÉ	23
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1	LOCALIZAÇÃO.....	24
3.2	MONTAGEM DO EXPERIMENTO	24
3.3	AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DOS DADOS – FASE DE CALIBRAÇÃO	27
3.4	MONTAGEM E APRESENTAÇÃO DOS DADOS.....	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5	CONCLUSÃO.....	57
	REFERÊNCIAS	58
	ANEXOS A - DADOS CLIMÁTICOS MÉDIOS HORÁRIOS DO MUNICÍPIO DE ILHA SOLTEIRA/SP EM NOVEMBRO DE 2011	66
	ANEXOS B - DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE ILHA SOLTEIRA/SP EM NOVEMBRO DE 2011.....	78

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda global de recursos hídricos faz crescer em ritmo proporcional a poluição das águas continentais, que recebem das grandes cidades lixo de toda espécie, e do campo, resíduos de adubos e defensivos agrícolas, através das chuvas.

Dentre os vários aspectos negativos trazidos pela eutrofização, pode-se destacar as infestações de espécies de plantas aquáticas. A grande maioria dos lagos no mundo são pequenos e rasos, com características morfométricas que propiciam o desenvolvimento de extensas comunidades de macrófitas aquáticas em suas regiões litorâneas, as quais desempenham importante papel no metabolismo de todo o sistema (WETZEL, 1975).

A importância das macrófitas na manutenção do equilíbrio natural de ambientes aquáticos é indiscutível. Através da realização de fotossíntese e consequente oxigenação da água, servem como fonte de alimento e refúgio para peixes, aves e outros organismos (IBAMA, 1998; TANAKA, 1998; THOMAZ, 2002). Entretanto, em condições de desequilíbrio, os prejuízos são muito maiores que os benefícios (FERNANDEZ et al., 1990; MARCONDES; TANAKA, 1997; PITELLI, 1998; SMITH et al., 1999; VAN NES et al., 2002; TANAKA et al., 2002a; THOMAZ, 2002). A quantidade excessiva de plantas, consequente desse desequilíbrio, tem trazido vários prejuízos aos ecossistemas aquáticos, relacionadas à navegação, produção de energia elétrica, recreação, utilização da água para consumo humano e animal, além de outros problemas, podendo, inclusive, causar perdas de água ocasionadas pelas intensas taxas de transpiração dessas plantas. Entretanto, são poucos os trabalhos que vem sendo realizados nesta linha de pesquisa. Para a espécie *Eichhornia crassipes* (aguapé), por exemplo, Holm e Yeo (1980) relatam que, dependendo da quantidade de plantas, as perdas de água por evapotranspiração são em níveis de 2 a 8 vezes maiores do que em ambientes desinfestados.

Em reservatórios de hidrelétricas, a ocorrência de plantas aquáticas é um problema de importância crescente. Algumas hidrelétricas já têm sua eficiência comprometida há alguns anos pela elevada infestação de plantas aquáticas. Cezar et al. (2005) citou o reservatório da UHE Americana/SP, que apresentava aproximadamente 20% de sua superfície coberta por essas plantas, causando

grandes problemas ao seu uso por parte da CPFL e pela comunidade local. Em 2008, a relação percentual da área da represa com área coberta por plantas aquáticas alcançou 33%, e em 2010, baixou para 26% (MORAES et al., 2011)

Tais danos foram deportados por Marcondes et al. (2003) que relataram a vegetação aquática como problemática, pois seu crescimento excessivo pode afetar os usos mais nobres da água, como irrigação, abastecimento de cidades e indústrias, navegação, recreação e geração de energia. Além disso, pode ainda haver empobrecimento do ambiente para peixes, aves e outros organismos, tendo em vista a formação de grandes infestações de uma única espécie vegetal.

Quanto ao problema da evapotranspiração, especificamente, a literatura é carente de dados e metodologias voltadas a explorar essa característica das plantas aquáticas. A possibilidade da perda d'água por esse processo pode ser o maior dano econômico e até mesmo ambiental causado pela infestação de plantas aquáticas, devido a importância que a água representa à sobrevivência da humanidade e de outros seres.

Dentre as várias espécies de plantas aquáticas encontradas no Rio Paraná, a *Eichhornia azurea*, também conhecida como aguapé ou bico-de-pato, vem ganhando destaque por estar povoando grandes áreas próximas das margens desse rio. Além da perda de água ocasionada pela evapotranspiração, esse tipo de planta desloca-se pelo reservatório rumo à usina, causando sérios danos à geração de energia, pois ela se acumula nas grades de proteção da tomada d'água das unidades geradoras (CESP, 1998).

Diante do problema, o presente trabalho teve como objetivo estimar a quantidade de água perdida por evapotranspiração de plantas aquáticas flutuantes utilizando a espécie *Eichhornia azurea* (Swartz) kunth, em reservatórios controlados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PLANTAS AQUÁTICAS

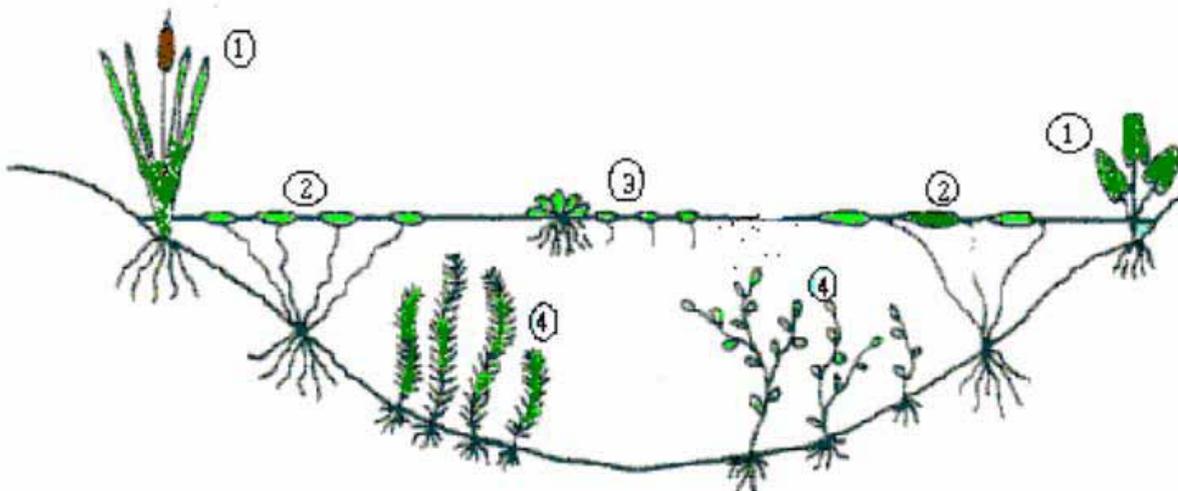
No Brasil, lagos e rios são importantes por fornecerem água e dar suporte a sistemas de produção agrícola e industrial, consumo humano, recreação, navegação, irrigação, pesca, além da geração de energia elétrica. O carregamento de parte dos fertilizantes utilizados em culturas agrícolas e a grande carga de esgotos residenciais e industriais têm levado cursos e reservatórios a uma condição de desequilíbrio, caracterizada pela grande disponibilidade de nutrientes, acelerando o crescimento de vegetação aquática indesejável, incluindo-se algas e plantas superiores (VELINI, 2000).

As macrófitas aquáticas são importantes componentes de lagos, rios e reservatórios (ASAEDA et al., 2000), pois constituem fonte de oxigênio, alimento e abrigo para a vida aquática (VELINI, 2000; MIYAZAKI; PITELLI, 2003). Entretanto, a grande carga de esgotos residenciais e industriais favorece a eutrofização desses ambientes aquáticos, com conseqüente desequilíbrio, caracterizado pela disponibilidade de nutrientes, acelerando assim o crescimento da vegetação aquática indesejável (GREENWAY, 1997; BITAR, 1998).

Wetzel (1993) define as macrófitas aquáticas (macro=grande; fita=planta) como formas macroscópicas de vegetação aquática, cujas partes fotossinteticamente ativas estão, permanentemente ou por alguns meses do ano, submersas em água ou flutuantes em sua superfície. Esta categorização baseia-se no contexto ecológico, ou seja, independente de aspectos taxonômicos (ESTEVES, 1998), sendo estes vegetais classificados preferencialmente quanto ao seu biótopo de ocorrência, refletindo o grau de adaptação destas plantas ao meio aquático.

Devido aos diferentes hábitos de crescimento, Riemer (1984) e Tanaka et al. (2002a) propuseram um sistema de classificação que divide as macrófitas aquáticas em quatro grupos (Figura 1) - emersas (marginais); flutuantes enraizadas; flutuantes e submersas – de acordo com seu hábito de crescimento.

Figura 1 - Esquema representativo dos tipos de plantas aquáticas baseadas no hábito de crescimento: 1- emersas (marginais), 2- flutuantes enraizadas, 3- flutuantes, 4- submersas.



Fonte: Riemer (1984) e Tanaka et al. (2002a).

As plantas aquáticas são, também, definidas como componentes importantes em corpos hídricos, desempenhando papel fundamental na manutenção do equilíbrio dos ecossistemas aquáticos. No entanto, de acordo com Tanaka et al. (2002b) em certas condições, elas podem se tornar um problema, devido ao seu rápido crescimento. Como as plantas aquáticas têm grande influência sobre os processos físico-químicos de um ecossistema e, simultaneamente, afetam atividades humanas, é essencial que seu desenvolvimento seja vistoriado continuamente, de forma a permitir a adoção de práticas de manejo, caso haja necessidade.

As macrófitas aquáticas são muito importantes nas dinâmicas dos diversos tipos de corpos hídricos que ocorrem em tamanhos populacionais compatíveis com seus nichos ecológicos. Desta forma, em sistemas alterados pelo homem ou quando se trata de plantas exóticas invasoras, desenvolvem grandes populações e podem causar prejuízos ao meio ambiente e aos usos múltiplos da água e do corpo hídrico (PITELLI et al., 2008).

A ocorrência excessiva desta vegetação causa uma série de dificuldades relacionadas à: navegação, produção de energia elétrica, recreação, utilização da água para consumo humano e animal, além de outros problemas como a retenção de lixo (Figura 2) e a formação de microambientes que favorecem a proliferação de insetos vetores de doenças (CARVALHO et al., 2003).

Figura 2 - Infestação de macrófitas aquáticas associada ao lixo flutuante. Barra Bonita, SP (2001).



Fonte: Carvalho et al. (2009).

Segundo Esteves (1988), as macrófitas constituem a principal comunidade produtora de biomassa em ambientes aquáticos, podendo interferir de diferentes maneiras na dinâmica desses ecossistemas. Em reservatórios de hidrelétricas, por exemplo, a ocorrência de plantas aquáticas tem sido um problema de importância crescente no Brasil. Algumas usinas já têm sua eficiência comprometida pela elevada infestação de plantas emersas e submersas, como a hidrelétrica de Jupia, que, em anos anteriores, teve seu funcionamento prejudicado devido ao entupimento das grades de proteção das turbinas por grande massa de plantas submersas (*Egeria* sp e *Ceratophyllum demersum*). Sobre isto, Velini (1998) se posiciona dizendo que há um grande risco de que estas plantas venham a causar problemas em outras usinas (VELINI, 1998).

No reservatório de Americana, Usina de Salto Grande/CPFL, a área total infestada com plantas aquáticas era de 191 ha em junho de 2001, havendo um crescimento médio mensal de 2,27% (VELINI et al., 2002). Na empresa energética Light, o custo anual com controle mecânico de macrófitas foi da ordem de R\$ 3.000.000,00 (VELINI, 1998).

2.2 *EICHHORNIA AZUREA* (SWARTZ) KUNTH

A espécie *Eichhornia azurea* (Swartz) kunth é uma planta aquática enraizada, perene, com folhas submersas e emersas (Figura 3). É uma planta daninha com uma ampla distribuição no Brasil, onde muitas vezes se manifesta como grandes tapetes flutuantes que impedem a navegação e muitos outros usos de recursos aquáticos. Sua reprodução ocorre por sementes e vegetativamente, e a propagação é por plantas inteiras, por água ou por aves. Diversos táxons desta família estão espalhados como plantas daninhas ou ornamentais (BARRETT, 1978), fora dos limites de sua área nativa (ECKENWALDER; BARRETT, 1986). Esta espécie é nativa da América do Sul, provavelmente originária da região amazônica (CASTELLANOS, 1958; LORENZI, 1982).

Figura 3 - Imagens de *E. azurea*.



Fonte: Tropicalflowers (2013).

De acordo com sua classificação botânica, a planta de *Eichhornia azurea* (Swartz) kunth pertence ao Reino Plantae, Divisão Magnoliophyta, Classe Liliopsida, Ordem Commelinales e Família Pontederiaceae. Segundo Sanches et al. (2000) são plantas anuais ou perenes, enraizadas a flutuantes livres. Possui caules flutuantes a eretos, rizomatosos a estoloníferos, folhas sésseis formando uma roseta basal ou alternas ao longo do caule e as pecioladas flutuantes ou emersas, cordadas, Apresenta inflorescência espiciforme a paniculada; flores zigomorfas, coloridas do azul a roxo, com perigônio tubular; tépalas oblonga-lanceoladas, glandular-pubescente, com margens inteiras ou fimbriadas; androceu com seis estames, sendo os três superiores mais curtos que os três inferiores; estilete pubescente a piloso-glandular, homostílico ou heretostílico; fruto cápsula, loculicida.

A *Eichhornia azurea* diferencia-se de *Eichhornia Crassipes* principalmente pelas margens das pétalas internas fimbriadas e por nunca apresentarem pecíolos inflados. Reproduz-se tanto de forma vegetativa como sexuadamente e floresce durante o verão e o outono (AMARAL et al., 2008; POTT; POTT, 2000).

Estudando a ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da companhia energética de São Paulo, Tanaka et. al (2002b) constatou que das seis espécies mais freqüentes, uma é submersa (*Egeria najas*), duas são flutuantes (*Eichhornia crassipes* e *Salvinia molesta*) e três são emersas (*Eichhornia azurea*, *Polygonum* spp. e *Eleocharis* spp.).

2.3. EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Evapotranspiração é a perda combinada de água para a atmosfera, em forma de vapor, através dos processos de evaporação das superfícies e transpiração das plantas (STONE; SILVEIRA, 1995). Segundo Borges e Mendiondo (2007), é a perda de água de uma superfície com qualquer tipo de vegetação e sob qualquer condição de umidade do solo.

Klocke et al. (1996) definiram que a evapotranspiração corresponde à água removida da superfície e lançada na atmosfera. Este fenômeno ocorre devido à combinação de dois processos através dos quais a água é perdida pela superfície: por evaporação ou por transpiração. A evaporação, segundo definição de Allen et al. (1992), é o processo através do qual a água é convertida da fase líquida para a fase de vapor (vaporização), removendo-a de superfícies evaporantes como oceanos, lagos, rios, pavimentos, solos e vegetação úmida (evaporação do orvalho e da chuva interceptada pela copa das árvores). Já a transpiração é a água transferida ou perdida pela vegetação para a atmosfera, a partir de pequenos orifícios da superfície das folhas, estômatos, ou através de pequenas perdas pelas lenticelas no caso das plantas lenhosas (PEREIRA et al., 2002). O processo de transpiração é decorrente das ações físicas e fisiológicas dos vegetais, através dos estômatos (VILLELA; MATTOS, 1975). O termo evapotranspiração foi proposto por Thornthwaite e Wilm (1944) para representar ambos os processos, evaporação e transpiração, que ocorrem de maneira natural e simultânea em uma superfície vegetada (PEREIRA et al. (2002). A evapotranspiração é fortemente influenciada por fatores da vegetação, fatores de manejo de solo e gestão das condições ambientais e, principalmente, por

parâmetros que dizem respeito ao tempo (ALLEN et al., 1992; PEREIRA et al., 2002).

Conforme Carvalho e Silva (2006), a transferência natural de água no estado de vapor da superfície do globo para a atmosfera interpreta-se facilmente pela teoria cinética da matéria. Nos sólidos e líquidos predominam as forças de atração entre as partículas do corpo.

O aumento das perdas de água pela evapotranspiração é uma das mais importantes interferências negativas ocasionadas por extensas e densas colonizações de corpos hídricos por macrófitas emersas e emergentes (PITELLI, 1998). No início do século XX, Otis (1914) observou que áreas colonizadas com macrófitas aquáticas normalmente apresentavam maiores perdas de água quando comparadas com a superfície livre de água. Esse autor observou grande diferença entre áreas colonizadas com diversas macrófitas e a atribuiu às diferenças da morfologia interna e externa das espécies. Brezny et al. (1973) discutiram vários trabalhos, evidenciando a importância dos fatores climáticos na relação das perdas d'água entre áreas colonizadas com macrófitas e áreas com superfície livre. Tais autores citam publicação de Seybold (1930), a qual mostra que, à medida que a velocidade de vento aumenta, as perdas de água aumentam mais intensamente na superfície livre do que em áreas colonizadas por *Lemna minor*. Brezny et al. (1973), por outro lado, observaram correlações positivas entre velocidade do vento, temperaturas máximas e evapotranspiração em áreas colonizadas por *Cyperus rotundus*, *Typha angustifolia*, *Ipomoea aquatica* e *Eichhornia crassipes*. Em áreas colonizadas com *Trapa natans*, os autores apenas observaram correlação entre temperatura máxima e evapotranspiração. Considerando que são plantas com diferentes hábitos de crescimento, algumas com folhas com disposição ereta em posição oblíqua à superfície d'água, como as dos gêneros *Typha*, *Pontederia* e *Eichhornia*, outras com folhas dispostas sobre a superfície, como as dos gêneros *Lemna trappa*, e outras com folhas dispostas em roseta e bastante pilosas, com *Pistia stratiotes*, os resultados evidenciam a importância da forma da planta e da estrutura de suas colonizações em relação às perdas d'água por evapotranspiração. Todas elas são plantas bastante conhecidas como macrófitas aquáticas importantes em corpos hídricos no Brasil e em regiões tropicais e subtropicais do mundo, algumas consideradas entre as piores plantas daninhas aquáticas do Brasil, como ressaltou Pitelli (1998).

Em seu trabalho, Scuderi (2010) apresentou diferentes resultados experimentais obtidos de sua pesquisa literária, reunidos de maneira resumida conforme tabelas 01 e 02 e cita que os primeiros estudos relativos ao uso da água pelas plantas aquáticas começaram há mais de 90 anos (ALLEN et al., 1992) quando Otis em 1914, reportou que o gasto de água em “cattails” foi 3 vezes superior à uma superfície de água livre. A respeito desta pesquisa, Anderson e Idso (1987) indicam que o desenho experimental foi responsável do resultado devido à exposição da vegetação a uma forte advecção. Na pesquisa desenvolvida por Young e Blaney (1942) para grupos de hidrófitas, utilizando lisímetros rodeados com vegetação semelhante, obtiveram para ET/E uma razão de 1,4.

Tabela 1 – Taxas de ET e razão ET/E para distintas macrófitas ou banhados.

Pesquisador	Local / Vegetação	Metodologia	ET (mm.dia ⁻¹)	ET/E
Smid (1975) apud Lafleur (1990)	Tchecoslováquia / reed swamp	Balanço de energia	6,9	-
Dolan et al. (1984)	Flórida / freshwater marsh	Lençol de água	3,3	0,7
Roulet e Woo (1986) apud Lafleur (1990)	Canadá / low arctic bog	-	4,5	-
Yin e Brook (1992)	Georgia / swamp	Balanço hídrico	2,8	-
Rushton (1996)	Flórida / freshwater marsh	Balanço hídrico	3,5	0,8
Souch et al. (1996)	Indiana / marsh	Correlação turbulenta	3,6	-
Parkhurst et al. (1998)	Dakota / prairie grasses and herbs	Balanço de energia	3,6	0,8
Jacobs et al. (2002)	Flórida / wet prairie	Correlação turbulenta	4,2	-
Timmer e Weldon (1967)	Flórida / water hyacinth	Tanque de cultivo	14,4	3,7
DeBusk et al. (1983)	Flórida / <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	Tanque de cultivo	7,5	1,7
	Flórida / <i>Lemna minor</i> L.	Tanque de cultivo	4,1	0,9
Boyd (1987)	Alabama / <i>Alternanthera philoxeroides</i>	Tanque de cultivo	5,2	1,3
Lallana et al. (1987)	Argentina / <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	Tanque de cultivo	19,6	2,7
	Argentina / <i>Pistia stratiotes</i> L.	Tanque de cultivo	8,4	1,1
	Argentina / <i>Salvinia herzogii de la Sota</i>	Tanque de cultivo	8,7	1,2
	Argentina / <i>Azolla caroliniana</i> Willd.	Tanque de cultivo	7,1	1,0
Snyder e Boyd (1987)	Alabama / <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	Tanque de cultivo	7,1	1,5
Sambasiva Rao (1988)	Índia / <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	Tanque de cultivo	6,4	1,5
	Índia / <i>Salvinia molesta</i> D.S. Mitchell	Tanque de cultivo	4,2	1,0
	Índia / <i>Nymphaea lotus</i> (L.) Willd.	Tanque de cultivo	4,1	0,9
Priban e Ondok (1985) apud Lafleur (1990)	Tchecoslováquia / sedge-grass marsh	Razão de Bowen	3,2	-
Boyd (1987)	Alabama / <i>Panicum rigidulum</i>	Tanque de cultivo	6,6	1,6
	Alabama / <i>Juncus effusus</i>	Tanque de cultivo	6,3	1,5
	Alabama / <i>Carex lárida</i>	Tanque de cultivo	5,5	1,3

Fonte: Scuderi (2010)

Tabela 2 – Taxas de ET e razão ET/E para distintas macrófitas ou banhados (continuação).

Pesquisador	Local / Vegetação	Metodologia	ET (mm.dia ⁻¹)	ET/E
Boyd (1987)	Alabama / <i>Justicia americana</i>	Tanque de cultivo	4,9	1,2
Snyder e Boyd (1987)	Alabama / <i>Typha latifolia</i> L.	Tanque de cultivo	7,1	1,4
Koerselman e Beltman (1988)	Utrecht / <i>Typha latifolia</i> L.	Lisímetro	2,5	1,7
Lafleur (1990)	Utrecht / <i>Carex diandra</i> Schrank	Lisímetro	2,7	1,8
Lafleur e Routlet (1992)	Ontário / marsh subártico costeiro, <i>Carex</i>	Razão de Bowen	3,1	-
Price (1994)	Ontário / sedge covered fen, <i>Carex</i>	Razão de Bowen	2,5	-
Ablew (1996)	Ontário / lakeshore marsh, <i>Typha latifolia</i> L.	Razão de Bowen	4,8	1,0
Campbell e Williamson (1997)	Flórida / <i>Typha domingensis</i>	Lisímetro	3,6	1,0
Burba et al. (1999)	Nova Zelândia / peat bog, <i>Empodisma minus</i>	Razão de Bowen	2,3	-
German (1999)	Nebraska / prairie wetland, <i>Phragmites australis</i>	Razão de Bowen	4,5	-
Thompson et al. (1999)	Flórida, Everglades / cattails	Razão de Bowen	3,0	0,8
Lott e Hunt (2001)	Flórida, Everglades / sparse sawgrass	Razão de Bowen	3,5	0,9
Pauliukonis e Schneider (2001)	Nova Zelândia / peat bog, <i>Sporadanthus</i>	Razão de Bowen	3,0	-
Sánchez-Carrillo et al. (2001)	Wisconsin / <i>Carex</i>	Lisímetro	4,3	-
Mao et al. (2002)	Nova York / <i>Typha latifolia</i> L.	Lisímetro	5,8	2,5
Acreman et al. (2003)	Espanha / <i>Cladium mariscus</i> (L.) Pohl	Porômetro	7,4	2,3
	Espanha / <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. Ex Steud.	Porômetro	3,8	1,5
	Espanha / <i>Typha domingensis</i> Pers.	Porômetro	2,7	0,8
	Flórida / <i>Cladium jamaicense</i>	Lisímetro	3,7	1,2
	Flórida / <i>Typha domingensis</i>	Lisímetro	3,3	1,0
	Inglaterra / reedbed, <i>Phragmites australis</i>	Correlação turbulenta	2,3	-

Fonte: Scuderi (2010)

2.4 EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO AGUAPÉ

O aguapé, assim como qualquer outra planta, vive entre os limites de tolerância à disponibilidade de uma série de fatores ambientais, tais como temperatura, intensidade luminosa e nutrientes (ODUM, 1988). Inúmeros estudos sobre macrófitas aquáticas descrevem suas características e necessidades nutricionais, mas mesmo na definição do termo macrófita, fica muito clara a interdependência dessa planta e da água.

Holm e Yeo (1980) comentam que uma superfície contendo plantas de aguapé pode apresentar uma taxa de evapotranspiração cerca de duas a oito vezes maior do que a mesma superfície livre de plantas. Isso se reveste de fundamental importância nos dias atuais, uma vez que a retenção e conservação de água nos reservatórios têm recebido especial atenção por parte das usinas geradoras de energia elétrica.

Tanto o pecíolo quanto o limbo foliar possuem grandes estômatos, que facilitam e contribuem para elevar a taxa de evapotranspiração (KISSMANN; GROTH, 1992). Kissmann (1997) fala em aumento das taxas de evaporação em três a sete vezes quando em presença de infestações de aguapé.

Segundo Marcondes e Tanaka (1997), trata-se de uma planta daninha aquática emersa capaz de aumentar sua massa verde em 15% ao dia, dobrando-a a cada seis ou sete dias, acumulando $800 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ e, quando em condições ótimas, produz até $480 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ com um incremento de volume de 4,8% ao dia. Os autores explicam que um lago coberto por aguapés perde de duas a oito vezes mais água por evapotranspiração do que o normal. Joyce (1990) relatou a grande capacidade da planta em produzir massa verde, sendo que a mesma é capaz de duplicar sua massa a cada duas semanas. Ao fechar a superfície, atinge 50 t/ha de biomassa, e chega ao total de $200 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ (MATAI, 1976).

As plantas de aguapé podem formar densos tapetes que se espalham ao longo da superfície da água e eventualmente tomar todo o corpo d'água. Sua propagação pode ser tão rápida, que uma infestação dobra em tamanho a cada semana, quando sob condições ideais. As elevadas taxas de transpiração foliar, durante o verão, podem causar aumento na perda de água de até quatro vezes em relação às perdas por evaporação de uma superfície exposta (NRW, 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO

O experimento foi realizado em ambiente aberto, no Campus II da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, na cidade de Ilha Solteira, região noroeste do Estado de São Paulo, nas coordenadas geográficas de 20°25'06,44" (latitude Sul) e de 51°20'23,46" (longitude Oeste) e altitude de 378 metros. Segundo a classificação de Köppen, a região possui um clima do tipo Aw, definido como tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando temperatura média anual de 24,5°C, precipitação média anual de 1.232 mm e umidade relativa média anual de 64,8% (HERNANDEZ; LEMOS FILHO; BUZETTI, 1995). A tabela de dados climáticos médios do mês de novembro do ano de 2011, onde ocorreram as coletas de dados, está exposta no Anexo II.

O experimento foi conduzido durante o mês de novembro do ano de 2011.. A temperatura média durante o período foi de 26°C, com precipitações médias acima de 150 mm, umidade relativa média do ar de 67%, com intensa radiação global na média de 24,8 MJ.m⁻².dia⁻¹, condições que foram excelentes para expressar com maior nitidez as características que definiriam as capacidade de evaporação e evapotranspiração num ambiente aquático, devido às altas temperaturas e umidades relativas moderadas. A quantidade de chuvas durante o período foi alta, todavia, não prejudicou a condução do experimento, uma vez que a introdução de água da chuva nos tanques foi a mesma para os dois reservatórios.

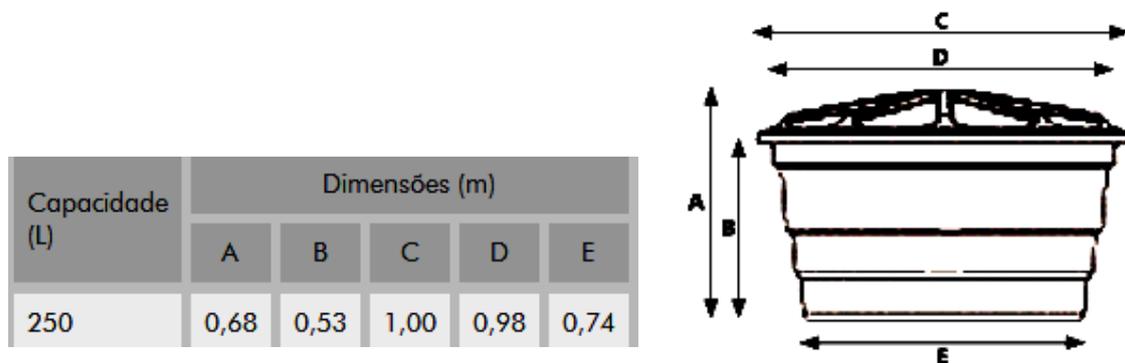
Primeiramente, realizou-se diversos testes com o conjunto de caixas e com os sensores e coletores de dados, de forma a equacionar o conjunto, calibrá-los e só então proceder a montagem do experimento propriamente dito, o que ocorreu nos dias 30/10/2011 à 01/11/2011.

3.2. MONTAGEM DO EXPERIMENTO

Os testes foram realizados em duas caixas d'água (mesocosmos) e o trabalho foi desenvolvido com metodologia semelhante à utilizada e proposta por Castro (2008) no que diz respeito à montagem do experimento e coleta de dados.

As caixas d'água utilizadas foram da fabricante Fortlev, de plástico polietileno de alta resistência, com capacidade de 250 litros (Figura 4). As dimensões de cada caixa foram de 0,53 metros de altura, 1,00 metro de diâmetro da circunferência superior e 0,74 metros de diâmetros da circunferência inferior, de acordo com informações do fabricante.

Figura 4 - Modelo de caixa d'água utilizada no experimento.



Fonte: Tuttishoprecomal (2012)

A escolha da caixa d'água com essas dimensões deve-se ao fato de minimizar a interferência causada por eventuais deformações na caixa em função da temperatura, visto que o tamanho reduzido interfere negativamente à deformação, por meio da menor área de exposição e contato ao calor, bem como no melhor suporte da base à estrutura da caixa (relação base / altura).

Inicialmente, as caixas, posicionadas nas coordenadas geográficas de 20°25'06,49" (latitude Sul) e de 51°20'24,65" (longitude Oeste) e altitude de 379 metros, foram preenchidas com volumes idênticos de água de 150 litros e não sofreram reposição, de forma intencional, durante os testes. No entanto, durante o período experimental ocorreram precipitações que ocasionaram a reposição natural da água nos dois reservatórios de forma igualitária, haja vista possuírem as mesmas dimensões. Após receberem água, uma das caixas recebeu uma população de *Eichhornia azurea* adultas, retiradas do Rio Paraná, próximo de Ilha Solteira/SP, nas coordenadas geográficas de 20°24'42,83" (latitude Sul) e de 51°17'47,98" (longitude Oeste) e altitude de 327 metros, e que preencheu 100% da superfície visual da caixa

teste. A outra caixa continuou com sua superfície livre e exposta totalmente ao ambiente.

As caixas d'água receberam água limpa de torneira que foram mantidas por dois dias para a volatilização do cloro e foram tratadas com larvicida contra *Aedes aegypti*. Em uma delas, a utilizada para abrigar a planta aquática, adicionou-se no segundo dia 30 gramas de adubo químico formulado, na proporção de 4% de nitrogênio, 30% de fósforo e 10% de potássio, a fim de estimular a vegetação das plantas e facilitar a sua adaptação. O sistema foi montado a céu aberto, utilizando-se as caixas pareadas, separadas a uma distância de 0,5 m, de forma a receberem as mesmas condições ambientais.

Para obtenção dos dados de perda de água, foi utilizado um sensor capaz de medir a altura de coluna de água, com precisão milimétrica, variando de 0 a menos 2000 mm (2 mca até 0 mca, respectivamente) de coluna de água, da marca SITRON, modelo LH840S, de aço inox (Figura 5).

Figura 5 - Sensor utilizado no experimento.



Fonte: Castro (2008).

O sensor possui como característica o uso de uma escala negativa de valores, sendo que, quando é colocado num volume de água, ele ajusta-se ao mesmo, marcando o ponto inicial da leitura, chamado de “spam”. A partir daí, o sensor marca em sua escala, de maneira negativa, as perdas de água observadas,

com uma precisão de décimo de milímetro de coluna de água, pelo fato de que sua escala possui 4 dígitos.

Com o intuito de se prevenir variações bruscas de pressão da água sobre o sensor, causada por fatores externos como ventos ou o próprio movimento das plantas, o sensor foi protegido por um suporte montado com cano de PVC perfurado ao longo de todo o seu perfil, de maneira a manter o volume interno de água plenamente conectado com o volume de água das caixas.

Os canos ficaram presos a uma estrutura de madeira aparafusada, e enterrada ao chão, afixados a essa estrutura por presilhas de nylon. Os sensores por sua vez também foram presos à mesma estrutura de madeira, e centralizados dentro dos canos protetores.

Desse modo, a partir do instante em que o sensor começou a registrar o volume de água, à medida que este se reduzia, a escala tornava-se cada vez mais negativa, marcando sempre a diferença entre o ponto em que estava a coluna de água no momento em que o sensor foi inserido ao conjunto, até o ponto em que cessaram as coletas ou que o sensor atingisse seu limite de escala. Por esse motivo, as leituras iniciais foram mais positivas em relação à leitura final, que se apresentava como a mais negativa possível, de acordo com o fluxo de perdas.

Para facilitar as interpretações dos dados, convencionou-se chamar de “tratamento” os dois reservatórios de água, sendo aquela composta por população de plantas chamada de “caixa com plantas”, e a preenchida apenas com a superfície d’água exposta, chamada “caixa sem plantas”.

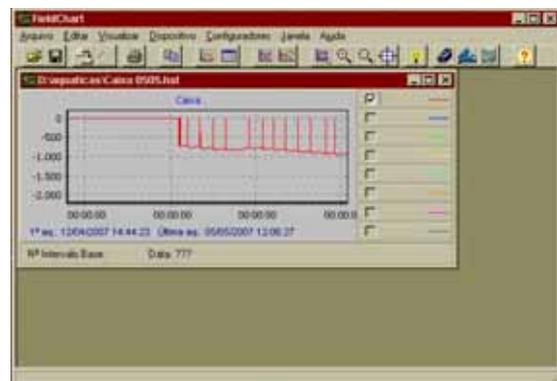
3.3 AQUISIÇÃO DOS DADOS – FASE DE CALIBRAÇÃO

No dia 30 de outubro de 2011 iniciou-se a amostragem dos dados referentes a perda d’água, dois dias após as caixas d’águas serem preenchidas e uma delas ter recebido a população de plantas. Durante o período inicial as caixas apresentaram comportamentos distintos e aleatórios, já que a população de plantas ainda não estava adaptada ao ambiente em questão. Três dias após o início da coleta dos dados, quando a população de plantas aparentava estar adaptada ao meio e já se notava a diminuição do volume das caixas, determinou-se o ponto inicial da coleta dos dados a serem utilizados, isto é, no dia 02 de novembro de 2011.

Nessa ocasião as leituras entre as caixas eram diferentes, ou seja, o ponto zero ou “spam” das leituras da caixa sem plantas e caixa com plantas, representadas por -858 e -773, respectivamente, não eram idênticas, já que inicialmente, durante o período de adaptação da população de plantas, houve o efeito guarda-chuva provocado pela cobertura vegetal no tratamento com plantas, que dificultava a perda de água para a atmosfera.

Para a aquisição e leitura dos dados, foi acoplado aos sensores um sistema de coleta de dados em tempo real, ligados a um módulo de aquisição e registro de dados do tipo “datta logger”, modelo FieldLogger fabricado pela Novus (Figura 6), sendo responsável pela gravação dos dados gerados pelos respectivos sensores. O sistema foi configurado para armazenar um dado do volume apresentado pelos sensores a cada 5 minutos.

Figura 6 - Imagens ilustrativas do hardware e do software que foram utilizados na aquisição e exportação dos dados.



Fonte: Castro (2008)

Os dados gerados pelos sensores eram armazenados no hardware denominado “datta logger” e a cada 24 horas eram descarregados em um microcomputador, por meio de conexão pela porta serial do computador. Quando descarregados, os dados podiam ser visualizados através do software de log e comunicação do próprio “datta logger”, chamado “FielChart” e seu formato de arquivo era do tipo de texto puro (.txt).

Após a recepção e verificação dos dados, os mesmos foram exportados em conjunto para então serem utilizados nas análises seguintes. Para análise e

tratamento dos dados, bem como a confecção das figuras de comparação, foi utilizado um editor de planilhas.

Os dados utilizados no presente trabalho correspondem aos valores obtidos entre a 00 horas (zero horas) do dia 02/11/2011 até às 10 horas do dia 12/11/2011. Como os “datta loggers” estavam configurados para obterem um dado de volume em coluna de água a cada cinco minutos, os arquivos de dados proporcionaram cerca de 3.000 dados para cada tratamento, sendo trabalhados e apresentados por caixa / dia / hora. A construção das médias horárias foi organizada de forma com que cada hora possuísse um dado médio dos 12 valores obtidos a cada hora de monitoramento.

Os dados climáticos utilizados como base para análise e discussão dos dados de perdas de água, foram obtidos da estação meteorológica do Laboratório de Hidráulica e Irrigação da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - Unesp, localizada junto às coordenadas geográficas Latitude 20° 25' 23,5" Sul e Longitude: 51° 21' 12,6" Oeste. A estação possui uma ampla gama de sensores, dos quais foram extraídos os dados de interesse, sendo os principais: Campbell CSI Model CS700-L Rain Gage (Pluviômetro), Campbell Model 255-100 Analog Output Evaporation Gage (Evaporação TCA), Campbell CS105 Barometric Pressure Sensor (Pressão atmosférica), LI-200X Pyranometer (Radiação global) e Campbell HMP45C Temperature and Relative Humidity Probe (Temperatura e umidade relativa do ar).

3.4 MONTAGEM E APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Os valores obtidos foram dispostos na forma de tabelas e figuras comparativos, visando expressar a diferença entre as quantidades de água perdida pela caixa com plantas e pela caixa apenas com água, durante o período experimental.

As tabelas e figuras apresentam os dados na forma como foram obtidos, ou seja, a média das leituras dos sensores a cada hora, e também as diferenças entre a leitura da hora atual e a leitura da hora anterior, expressas tanto no formato de leitura (volume em mm) quanto em porcentagem, para melhor análise.

Ainda nas figuras foram utilizadas comparações dos dados obtidos e do seu comportamento, com fatores climáticos, como temperatura, umidade relativa do ar,

radiação global e potencial matricial de água no ar, considerados como fatores ambientais limitantes ao desenvolvimento vegetativo (CAMARGO et al., 2003).

Os dados climáticos obtidos utilizados para as comparações no trabalho estão no Anexo I, dados esses que por sua vez também estão expressos em médias horárias, obtidas a partir de leituras feitas a cada cinco minutos pelos sensores. Todas as leituras feitas no espaço de uma hora foram utilizadas na composição de uma média simples, ou seja, cada leitura por hora é a representação das médias das leituras obtidas para aquele período.

A idéia com as comparações foi a de tentar demonstrar as diferenças ocorridas nas perdas na caixa com plantas ao longo do experimento e correlacionar as possíveis interferências das variáveis climáticas nos processos de perda.

No caso específico do potencial água do ar (Ψ), houve a necessidade de se proceder um cálculo, que foi realizado seguindo a equação de cálculo sugerida por Reichardt e Timm (2004), a saber:

$$\Psi = R \times n \times T \times \ln (e) \dots\dots\dots(1)$$

Onde:

Ψ = Potencial água do ar (atm)

R = Constante universal dos gases ideais (0,082 atm.dm³.mol⁻¹.k⁻¹)

n = Número de moles de água em 1 dm³ (55,5 moles)

T = Temperatura absoluta do ar (°K)

e = Pressão atmosférica (UR ar % / 100)

Essa equação é baseada na Equação de Estado dos Gases Ideais, e parte do princípio que o vapor d'água na atmosfera comporta-se como um gás ideal. Na prática, a equação utilizada ficou da seguinte maneira:

$$\Psi = 0,082 \times 55,5 \times (\text{°C} + 273) \times \ln (\text{URar} / 100) \dots\dots\dots(2)$$

Através dessa equação foram calculados os valores de potencial matricial de água no ar, apresentados no Anexo I. As demais comparações apresentadas nas

figuras e tabelas foram realizadas usando-se diretamente os valores climáticos para cada variável apresentada, sem tratamento diferencial algum.

Nas figuras apresentadas, foram utilizadas ainda o número de horas corridas das leituras ou avaliações, de forma que a leitura inicial, às 00 horas do dia primeiro aparece nos figuras como hora 0 (zero), e a partir dela são contadas as demais avaliações horárias, de uma em uma hora, até a hora final, ou seja, a 251ª hora (ducentésima quinquagésima primeira hora), que corresponde à última análise, no dia 12/11/2011, às 10 horas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos dos arquivos de log dos sensores, que totalizam cerca de 3000 leituras para cada tratamento, após serem separados no formato de “leitura média por hora” em cada dia e por cada caixa analisada, ficaram da forma em que se apresenta nas tabelas a seguir, sendo o tratamento que utilizou a caixa sem plantas na Tabela 3 e para o tratamento que recebeu a população de macrófitas na Tabela 4, respectivamente.

Tabela 3 - Leituras médias horárias relacionadas à perda d’água obtidas do sensor ligado ao tratamento “caixa sem plantas”. Dados em décimo de milímetro de coluna de água. Ilha Solteira/SP, novembro de 2011.

Dias Horas	02/11/11	03/11/11	04/11/11	05/11/11	06/11/11	07/11/11	08/11/11	09/11/11	10/11/11	11/11/11	12/11/11
00:00	-858	-927	-1001	-1077	-1140	-672	-671	-753	-818	-882	-930
01:00	-850	-919	-993	-1071	-1135	-658	-666	-747	-812	-876	-925
02:00	-838	-910	-986	-1063	-1130	-654	-661	-741	-806	-870	-919
03:00	-827	-901	-979	-1057	-1126	-643	-658	-736	-801	-865	-914
04:00	-820	-892	-972	-1050	-1121	-649	-654	-731	-795	-860	-909
05:00	-819	-886	-965	-1046	-1116	-625	-651	-727	-791	-855	-904
06:00	-804	-878	-960	-1042	-1110	-625	-647	-722	-786	-851	-900
07:00	-794	-872	-955	-1038	-1106	-664	-644	-720	-783	-848	-897
08:00	-793	-870	-952	-1038	-1105	-645	-645	-719	-783	-847	-895
09:00	-802	-877	-959	-1044	-1111	-632	-650	-724	-790	-853	-902
10:00	-827	-902	-981	-1062	-1126	-643	-668	-742	-809	-872	-920
11:00	-864	-938	-1012	-1090	-1150	-660	-696	-768	-836	-897	
12:00	-903	-972	-1043	-1119	-1176	-682	-724	-794	-862	-919	
13:00	-938	-1006	-1075	-1147	-1202	-710	-751	-819	-886	-937	
14:00	-963	-1030	-1098	-1168	-1221	-735	-770	-837	-903	-949	
15:00	-974	-1044	-1110	-1178	-1231	-747	-779	-843	-910	-954	
16:00	-981	-1053	-1119	-1185	-1237	-753	-785	-848	-914	-961	
17:00	-985	-1059	-1126	-1187	-1240	-756	-791	-853	-920	-965	
18:00	-985	-1059	-1127	-1182	-1237	-720	-792	-854	-920	-965	
19:00	-977	-1052	-1121	-1175	-1210	-678	-788	-850	-915	-961	
20:00	-966	-1040	-1113	-1166	-957	-676	-782	-843	-909	-955	
21:00	-955	-1028	-1105	-1158	-846	-703	-773	-837	-902	-949	
22:00	-945	-1018	-1094	-1150	-679	-681	-766	-830	-896	-942	
23:00	-936	-1009	-1085	-1144	-690	-664	-759	-825	-889	-936	

Fonte: Caldas (2014)

Conforme demonstrado na Tabela 3, observa-se a tendência clara de esvaziamento do reservatório, dada pela característica decrescente dos valores das leituras, e também, a sensibilidade do sensor em detectar a reposição de água proveniente da chuva ocorrida no período das 19h00 do dia 06 de novembro de 2011 às 20h00 do dia 07 de novembro de 2011. No momento em que iniciou-se a

coleta dos dados do tratamento da caixa com superfície livre, o sensor marcava em sua escala o valor de -85,8 mm de coluna de água, que corresponde, portanto, a exatos 8,58 centímetros de coluna de água. Esse valor encontrava-se nessa escala pois o sensor foi colocado na caixa três dias antes de serem iniciadas as leituras efetivas. Desta maneira, seu ponto inicial já se havia alterado em mais de oito centímetros, porém a utilização dos dados parte da leitura inicial da tabela, desprezando a diferença observada no “spam” do sensor.

O ponto zero ou “spam” não foi zerado antes de iniciada a coleta dos dados gerados pelos sensores, pelo fato do “data logger” permitir a visualização dos mesmos, somente após serem descarregados em um microcomputador, através do software.

À medida que a perda d’água transcorreu pelos dias, esse valor foi tornando-se mais negativo, indicando a perda gradativa de água, que chegou ao valor de 121,0 mm de coluna de água perdidos durante as primeiras 115 horas. Após a reposição de cerca de 41,7 mm de água proveniente da precipitação ocorrida entre 116^a a 142^a hora de monitoramento, o sensor marca em sua escala o valor de -70,3 mm, e a partir desse ponto a perda d’água volta a predominar, até culminar, no final das leituras, com o valor de -92,0 mm de coluna de água perdidos durante as últimas 109 horas em que os dados foram coletados.

Analisando-se os dados climáticos do município, no anexo II, nota-se que nesse mesmo período as perdas d’água observadas pelos equipamentos meteorológicos foram de aproximadamente 290 mm de coluna de água para as primeiras 115 horas e 300 mm de coluna de água para as últimas 110 horas, o que corresponderia a um comportamento bastante próximo do observado pelo sensor instalado no tratamento sem plantas. Essa diferença talvez seja devida não só ao conjunto diferente de sensores utilizados nas leituras do taque Classe A (TCA) e do experimento, mas também da maneira como esse tanque é construído.

Pode-se dizer que as medidas estão de acordo com o que se encontraria numa situação normal de evaporação em superfície livre e exposta, já que se esperava que as diferenças entre o TCA e os reservatórios utilizados no presente trabalho não fossem acentuadas.

Tabela 4 - Leituras médias horárias relacionadas à perda d'água obtidas do sensor ligado ao tratamento “caixa com plantas”. Dados em décimo de milímetro de coluna de água. Ilha Solteira/SP, novembro de 2011.

Dias Horas	02/11/11	03/11/11	04/11/11	05/11/11	06/11/11	07/11/11	08/11/11	09/11/11	10/11/11	11/11/11	12/11/11
00:00	-773	-830	-889	-951	-1007	-741	-759	-818	-850	-901	-948
01:00	-770	-828	-888	-949	-1006	-737	-757	-816	-848	-899	-946
02:00	-767	-824	-885	-948	-1004	-734	-754	-814	-846	-897	-944
03:00	-763	-821	-883	-945	-1003	-733	-753	-811	-843	-895	-942
04:00	-760	-819	-880	-944	-1001	-731	-750	-809	-842	-893	-941
05:00	-757	-817	-878	-942	-999	-730	-749	-807	-841	-892	-939
06:00	-755	-815	-877	-940	-997	-729	-747	-806	-839	-890	-938
07:00	-752	-813	-875	-939	-997	-728	-747	-806	-838	-889	-937
08:00	-753	-812	-876	-940	-997	-728	-747	-790	-839	-890	-937
09:00	-756	-815	-878	-943	-1000	-730	-749	-787	-841	-893	-940
10:00	-762	-820	-882	-948	-1005	-734	-755	-792	-846	-898	-946
11:00	-771	-829	-890	-956	-1011	-738	-761	-799	-852	-904	
12:00	-781	-839	-899	-965	-1019	-744	-769	-807	-860	-912	
13:00	-792	-850	-910	-975	-1028	-751	-777	-816	-868	-919	
14:00	-803	-861	-920	-985	-1037	-759	-785	-824	-877	-925	
15:00	-813	-871	-930	-995	-1047	-768	-793	-833	-885	-932	
16:00	-821	-881	-941	-1005	-1056	-774	-803	-842	-894	-940	
17:00	-829	-889	-949	-1011	-1062	-780	-811	-850	-901	-947	
18:00	-835	-895	-956	-1014	-1066	-771	-817	-854	-905	-951	
19:00	-839	-898	-958	-1015	-1060	-767	-822	-857	-907	-953	
20:00	-840	-899	-959	-1014	-933	-767	-824	-857	-908	-954	
21:00	-838	-897	-958	-1012	-859	-766	-824	-856	-907	-953	
22:00	-835	-895	-956	-1009	-765	-764	-822	-854	-905	-951	
23:00	-833	-892	-953	-1008	-753	-761	-819	-852	-903	-949	

Fonte: Caldas (2014)

A partir das leituras obtidas para o tratamento com plantas (Tabela 4), nota-se que, inicialmente, o ponto de “spam” da leitura é inferior, ou mais positivo, que o ponto de “spam” da leitura da caixa sem plantas. Este resultado pode ter ocorrido pelo fato da espécie *Eichhornia azurea* ter sofrido prejuízo em seu desenvolvimento com a mudança de ambiente, quando retirada de seu habitat e introduzida num tanque contendo água de torneira, e também, pela redução da superfície de água a qual foi exposta. Outro ponto importante é o efeito “guarda-chuva” causado pela população de plantas (sobreposição das folhas), que pode ter alterado a temperatura da água, o que também reduziria a perda d'água no tratamento.

Do mesmo modo que o tratamento sem plantas, houve a mesma reposição de água através da precipitação ocorrida entre o período das 19h00 do dia 06 de novembro de 2011 às 20h00 do dia 07 de novembro de 2011, e nesse caso, observa-se que nas primeiras 115 horas de monitoramento a evapotranspiração foi

responsável pela perda gradativa de água que chegou ao valor de -1.066 ou 106,6 mm de coluna de água, enquanto no segundo período após as chuvas, a perda de água chegou ao valor de -946 ou 94,6 mm de coluna de água.

Observando a sequência de coleta de dados, percebe-se que ao final das precipitações, ocorrida às 20h00 do dia 07 de novembro de 2011, o tratamento com a população de *E. azurea* apresenta, em todos os instantes, valores de leitura mais acentuadas que no outro tratamento livre de macrófitas. Isso se deveu à adaptação da população desta espécie ao novo ambiente e a predominância do efeito da evapotranspiração das plantas sobre a evaporação da superfície d'água.

Ao final das leituras, o tratamento com plantas retornou a um valor de leitura de -946 ou 94,6 milímetros de coluna de água, totalizando uma perda entre o início da coleta dos dados e o final de 17,3 milímetros de coluna de água, enquanto que no tratamento sem plantas, essa mesma diferença alcançou a marca de 6,2 milímetros, ou seja, nessa primeira análise dos dados já pode-se afirmar que a diferença de perda absoluta de água entre as caixas é de pelo menos 179% no tratamento com plantas, que equivale a uma relação de ET/E de 2,79, conforme a Tabela 5.

Tabela 5 – Demonstrativo de perdas de água entre os tratamentos “caixa sem plantas” e “caixas com plantas”.

	Início	Fim	Diferença	Processo
Caixa sem plantas	85,80	92,00	6,20	Evaporação (E)
Caixa com plantas	77,30	94,60	17,30	Evapotranspiração (ET)
			2,79	ET/E

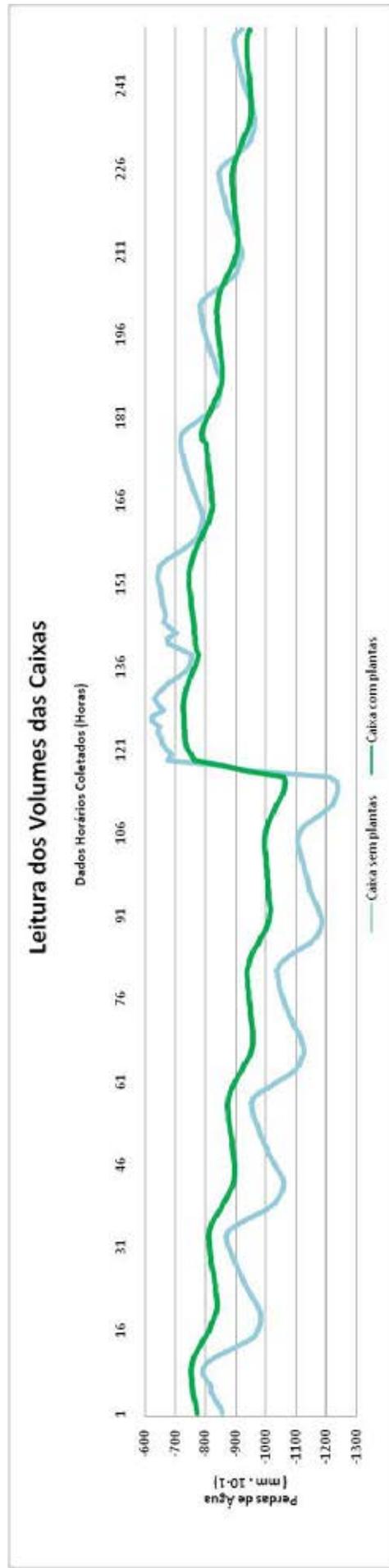
Fonte: Caldas (2014)

Os valores observados estão dentro da faixa encontrada para as plantas aquáticas da família *Eichhornia*, que varia de duas a oito vezes maior do que a mesma superfície livre de plantas, conforme comentaram Holm e Yeo (1980). Valores semelhantes da razão ET/E foram encontrados nos trabalhos realizados com plantas desta espécie (LALLANA et al., 1987) e *Typha latifolia* L. (PAULIUKONIS; SCHNEIDER, 2001).

Na Figura 7, assim como em todos os outros figuras, as amostragens estão expressas em ordem de leitura, partindo da primeira leitura na hora zero e da última leitura na hora 251, e todas estas são médias horárias.

Nessa mesma Figura é apresentada a evolução temporal das leituras médias horárias obtidas nos dois tratamentos, em que se observa a princípio, o baixo potencial evapotranspirativo do tratamento com plantas durante as 115 horas iniciais, e que após o período chuvoso, ocorrido entre a 116^a e 142^a hora, mostra-se evidente que a taxa de evapotranspiração não só se manteve durante a reposição da água da chuva, mas também que o tratamento sem plantas teve sua evaporação acentuada, permanecendo assim até o final das amostragens.

Figura 7 – Evolução temporal das leituras médias horárias das perdas de água obtidas dos tratamentos “caixa com plantas” e “caixas sem plantas”. Volumes expressos em décimos de milímetro de coluna de água. Ilha Solteira / SP, novembro de 2011.

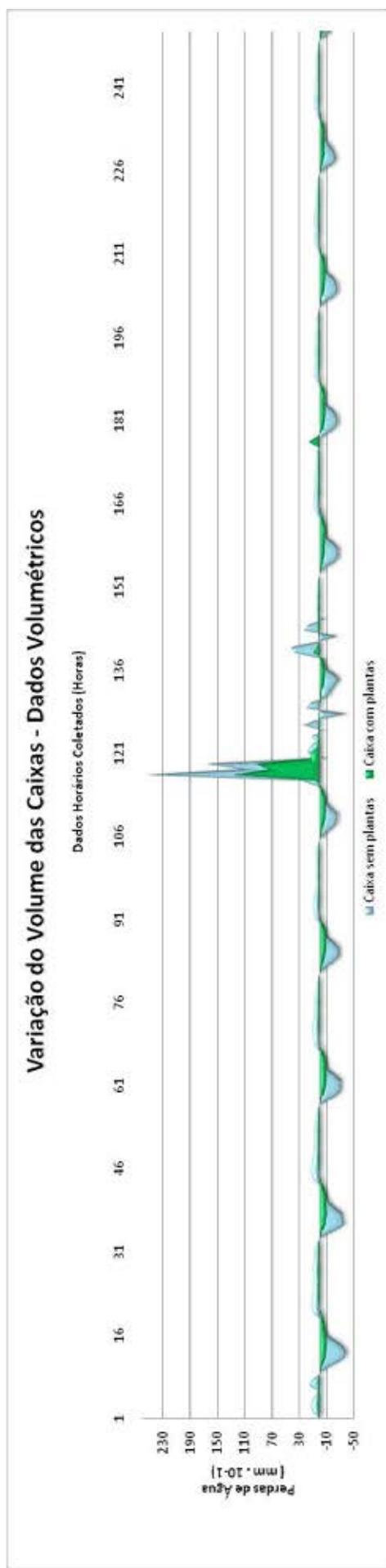


Fonte: Caldas (2014)

A Figura 8 expressa como a perda d'água entre os tratamentos evoluiu ao longo do tempo, mostrando a diferença de volume entre a leitura atual quando comparada com a leitura imediatamente anterior, do mesmo sensor. Desse modo, observamos o comportamento diário da perda d'água em ambos os tratamentos, expresso em perdas diárias não acumuladas.

No eixo das abscissas estão as marcas das amostras definidas por hora, e entre as ordenadas, a variação volumétrica das leituras nos tratamentos, de maneira que se percebe que a cada dia, ou a cada 24 horas em que as médias foram calculadas, ocorre um ciclo de evaporação/evapotranspiração, dessa forma podemos associar cada pico da figura com um dia de amostragens realizado. Percebe-se que nos horários correspondentes ao período entre as 09 horas da manhã e às 19 horas da noite de um mesmo dia, estão os pontos mais baixos do figura, o que demonstra uma intensa correlação entre a perda d'água e as horas mais quentes. Outro ponto relevante é o que fica ao redor dos picos (dia) cinco e seis, entre as coletas de número 76 e 166 que denotam quatro dias onde as perdas foram intensamente menores que as demais, em torno de um pico de reposição ocasionada pela chuva ocorrida nesse período.

Figura 8 – Diferenças volumétricas das leituras médias horárias das perdas de água obtidas dos sensores ligados aos tratamentos “caixa com plantas” e “caixa sem plantas”. Volumes expressos em décimos de milímetro de coluna de água. Ilha Solteira / SP, novembro de 2011.



Fonte: Caldas (2014)

Nas Tabelas 6 e 7, quando comparam-se as diferenças dos volumes calculados entre a leitura atual e a leitura anterior, tem-se uma idéia numérica exata da evolução e do comportamento da perda de água em ambos os tratamentos. O que há de mais comum em ambos os casos é o fato de haver uma ciclagem na evaporação, sendo essa diretamente ligada ao horário dentro dos dias.

Nessas tabelas, quando se ignora o período das chuvas ocorrido entre a 116^a e 142^a hora, pode-se observar a reposição natural através do orvalho apontada em algumas leituras. Em determinados pontos encontram-se diferenças positivas entre duas leituras, ou seja, a leitura atual está mais positiva que a anterior (ou menos negativa), de maneira a entender que houve uma reposição na quantidade de água para ambos os tratamentos, mesmo sem as chuvas. Mesmo nesses casos, essa taxa de reposição mostrou-se maior no tratamento sem plantas, o que pode ser explicado pelo rápido resfriamento desse ambiente, que favorece a condensação da umidade relativa do ar, diferente do ambiente com plantas, que devido aos processos respiratórios, tende a manter o ambiente com a temperatura mais uniforme.

Durante todo o período analisado, os valores médios e máximos para o fator vento foram em torno de $2,0 \text{ m.s}^{-1}$ e $7,0 \text{ m.s}^{-1}$, respectivamente. Com isso, identifica-se uma intensa ação ao longo do dia, o que ao movimentar a população de plantas, atuou indiretamente na média das leituras.

Tabela 6 – Diferenças das leituras médias horárias das perdas de água e reposição obtidas do sensor ligado ao tratamento “caixa sem plantas”. Valores calculados pela diferença entre a leitura atual e a imediatamente anterior, dados em décimo de milímetro de coluna de água. Ilha Solteira/SP, novembro de 2011.

Dias Horas	Dias											
	02/11/11	03/11/11	04/11/11	05/11/11	06/11/11	07/11/11	08/11/11	09/11/11	10/11/11	11/11/11	12/11/11	
00:00	0	9	8	8	4	18	-7	7	7	7	6	
01:00	8	8	7	7	5	14	4	6	6	6	6	
02:00	12	9	8	7	6	5	5	5	6	6	5	
03:00	11	10	7	7	4	11	3	6	5	5	5	
04:00	7	9	7	6	5	-6	4	4	6	5	5	
05:00	1	7	7	5	5	24	4	4	4	5	5	
06:00	15	8	6	4	6	0	3	5	5	3	4	
07:00	10	6	5	3	4	-40	3	2	3	4	3	
08:00	1	3	3	1	1	19	-1	1	0	1	1	
09:00	-9	-7	-7	-7	-6	13	-5	-5	-7	-6	-6	
10:00	-25	-25	-23	-18	-15	-11	-18	-18	-20	-19	-19	
11:00	-37	-36	-31	-28	-24	-16	-27	-26	-27	-25		
12:00	-39	-34	-31	-29	-25	-22	-28	-27	-26	-22		
13:00	-35	-34	-32	-28	-27	-29	-28	-25	-24	-18		
14:00	-25	-24	-24	-21	-19	-24	-19	-18	-17	-12		
15:00	-11	-14	-12	-10	-10	-12	-9	-6	-7	-6		
16:00	-7	-9	-8	-8	-7	-7	-6	-4	-4	-6		
17:00	-4	-7	-7	-2	-3	-3	-6	-5	-6	-5		
18:00	0	0	-1	5	4	36	-2	-2	0	0		
19:00	8	8	5	7	27	42	4	4	5	4		
20:00	11	11	8	9	253	2	7	7	6	6		
21:00	11	12	9	9	111	-27	9	6	7	7		
22:00	10	10	10	7	166	23	7	6	6	7		
23:00	9	9	10	6	-11	17	7	6	7	6		

Fonte: Caldas (2014)

Na Tabela 6, cujos dados representam a caixa sem plantas, verifica-se que os picos de evaporação demarcados pelos sensores possuem um período diferente do definido para o outro tratamento. Nesse caso, já entre 8 e 9 horas da manhã as leituras começam a mostrar-se mais pronunciadas, elevando significativamente seus valores. A situação de decréscimo da evaporação é demarcada pelos horários compreendidos entre as 17 e 18 horas no máximo.

Desse modo, nota-se que as maiores perdas estão mais diretamente ligadas aos momentos onde há luz do sol, e portanto radiação intensa, temperaturas maiores e menor teor de umidade do ar.

Tabela 7 – Diferenças das leituras médias horárias das perdas d’água e reposição obtidas do sensor ligado ao tratamento “caixa com plantas”. Valores calculados pela diferença entre a leitura atual e a imediatamente anterior, dados em décimo de milímetro de coluna de água. Ilha Solteira/SP, novembro de 2011.

Dias Horas	02/11/11	03/11/11	04/11/11	05/11/11	06/11/11	07/11/11	08/11/11	09/11/11	10/11/11	11/11/11	12/11/11
00:00	0	3	2	3	1	12	3	1	2	2	2
01:00	3	2	2	2	1	4	2	2	3	2	2
02:00	3	4	3	1	2	3	2	2	2	2	2
03:00	4	4	2	3	1	2	2	2	2	2	2
04:00	3	2	3	1	2	2	2	2	1	2	2
05:00	3	2	2	2	2	1	2	2	1	2	1
06:00	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1
07:00	3	2	1	1	0	1	1	0	1	1	1
08:00	-1	0	0	-1	0	0	0	16	-1	-1	0
09:00	-3	-3	-2	-3	-3	-2	-3	3	-3	-3	-3
10:00	-6	-5	-5	-5	-5	-4	-5	-5	-4	-5	-6
11:00	-9	-9	-8	-8	-6	-4	-6	-7	-7	-6	
12:00	-10	-9	-10	-9	-9	-6	-8	-8	-8	-8	
13:00	-11	-12	-10	-10	-9	-7	-8	-9	-8	-7	
14:00	-11	-10	-11	-10	-9	-8	-8	-9	-9	-6	
15:00	-10	-10	-10	-10	-10	-8	-8	-8	-9	-7	
16:00	-8	-10	-10	-9	-9	-7	-10	-9	-9	-8	
17:00	-8	-9	-9	-6	-6	-6	-8	-8	-7	-7	
18:00	-6	-6	-7	-3	-4	9	-6	-5	-4	-4	
19:00	-4	-3	-2	-1	6	4	-4	-2	-2	-3	
20:00	-1	-1	-1	1	126	0	-2	-1	-1	-1	
21:00	2	2	1	2	74	1	0	1	1	1	
22:00	3	3	2	3	94	2	1	2	2	2	
23:00	2	3	3	1	13	3	3	2	2	2	

Fonte: Caldas (2014)

Na Tabela 7 verifica-se que o decréscimo definitivo das leituras ocorrerá cerca de duas horas mais tarde em relação ao tratamento sem plantas, por volta das 20 horas. Embora se esperasse haver diferença superior na evapotranspiração medida pelo sensor do tratamento com plantas, nota-se que durante todo o estudo, a taxa evapotranspirativa foi menor, da mesma forma que a taxa de reposição, até mesmo durante o período chuvoso, o que sugere a evidente interferência da população de plantas no processo.

Outrossim, percebe-se a correlação da evapotranspiração do tratamento com plantas e a presença da luminosidade, mas fica claro que, além dos mesmos fatores que interferem no processo do tratamento sem plantas, existem ainda outros fatores, possivelmente ligados à população de plantas, que continuam a interferir aumentando a evapotranspiração mesmo após o decréscimo significativo da luminosidade e da radiação solar.

De acordo com a Tabela 8, confirma-se o fato de que o tratamento com plantas só conseguiu superar a leitura média do tratamento sem plantas após o período chuvoso, ou seja, na data 07/11. Ao ater-se à diferença média volumétrica entre as leituras, observa-se que após a reposição da água provocada pela chuva, em tese, de mesmo volume para ambos tratamentos, aquele com plantas denotou uma maior taxa evapotranspiratória, sendo que a média de diferença volumétrica para o dia 07/11 mostrou-se 10 vezes superior à média alcançada pelo tratamento sem plantas. Essa diferença entre as médias oscila por todo o período analisado, prevalecendo a partir da chuva a perda volumétrica no tratamento com plantas. Outra observação é a aproximação entre os valores das leituras médias dos sensores entre os dias 08/11 a 12/11, que pode ser explicado pelo fato da *Eichornnia azurea* ter se desenvolvido muito no reservatório utilizado no experimento, fazendo que o efeito “guarda-chuva” predominasse, e deste modo, interferido na perda d’água.

Tabela 8 – Leitura média dos sensores, diferença média volumétrica e perdas acumuladas. Dados diários em unidade de coluna de água. Ilha Solteira / SP, novembro de 2011.

	02/11/2011	03/11/2011	04/11/2011	05/11/2011	06/11/2011	07/11/2011	08/11/2011	09/11/2011	10/11/2011	11/11/2011	12/11/2011
Leitura Média dos Sensores (mm.10⁻¹)											
Caixas com plantas	-792	-850	-911	-973	-988	-748	-779	-823	-868	-918	-942
Caixas sem plantas	-892	-964	-1039	-1110	-1100	-678	-715	-786	-851	-907	-910
Diferença Média Volumétrica (mm.10⁻¹)											
Caixas com plantas	-2,500	-2,438	-2,573	-2,285	10,635	-0,351	-2,417	-1,378	-2,094	-1,934	0,280
Caixas sem plantas	-3,250	-3,038	-3,167	-2,469	18,931	1,094	-3,993	-2,715	-2,701	-1,934	1,409
Perdas Acumuladas / Dia (mm.10⁻¹)											
Caixas com plantas	60	59	62	55	-255	8	58	33	50	46	-3
Caixas sem plantas	78	73	76	59	-454	-26	96	65	65	46	-16

Fonte: Caldas (2014)

Castro (2008) em trabalho similar, conduzido durante o mês de maio de 2007, em que foram utilizadas plantas de *E. crassipes* em seu experimento, observou resultados muito próximos a estes. Em sua justificativa para o aumento da taxa de transpiração no ambiente colonizado por plantas aquáticas, citou o trabalho de Kissmann e Groth (1992), os quais mostraram que a anatomia da vegetação em

pauta, composta por grandes estômatos em seus pecíolos e limbo foliar, era o que contribuía para as maiores taxas de evapotranspiração sempre encontradas no tratamento com plantas, além de que, as variáveis climáticas influenciavam no comportamento do adensamento, na intensa produção de massa vegetal dessa espécie, bem como no seu efeito transpiratório.

Apresentado na seqüência, essa tendência se faz verdadeira no que diz respeito à temperatura do ar (Figura 9). As leituras médias horárias para ambos os tratamentos possuem uma tendência visual muito forte de correlação com a temperatura do ar, onde tanto na caixa com plantas, quanto na caixa ausente de plantas, notou-se que sempre que a curva das médias de temperatura convergem para seu ponto mais alto, apontando as maiores temperaturas (de acordo com a escala auxiliar no eixo secundário "Y" à direita). Existe a tendência do mesmo ocorrer imediatamente com as curvas de evolução da perda de água média dos tratamentos, ou seja, convergirem para os pontos de maior valor de perda de água marcada pelos sensores.

Na mesma Figura, ainda, verifica-se que, sempre que a temperatura se eleva, automaticamente verifica-se a elevação dos dados horários de perda nos sensores, que estão em escala negativa, ou seja, inversamente proporcionais, lembrando que quanto mais negativo, maior é o valor de perda de água. Também ocorre, como em todos os dados mostrados até então, que em toda elevação de temperatura e, conseqüente elevação dos dados de perda, o tratamento com a presença de plantas expressa essa variação de forma ainda mais duradoura, porém, menos acentuada que a aquele com ausência de plantas.

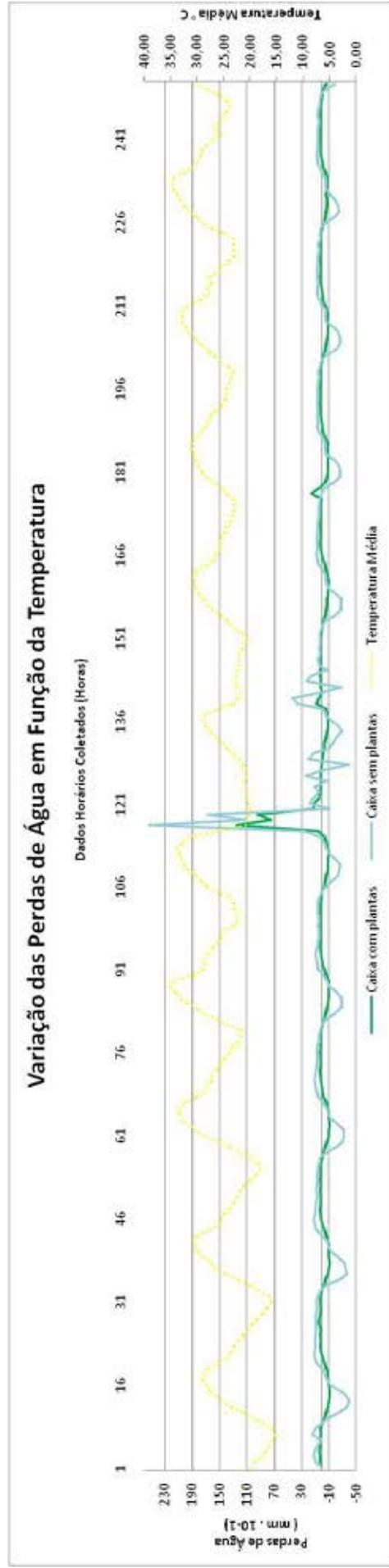
Desse modo, é possível afirmar que o mesocosmo colonizado por *E.azurea* foi o mais afetado pela perda d'água. Do mesmo modo, pode-se observar que há correlação positiva entre os dois tratamentos e a temperatura do ar, bem como os mecanismos de perda de água dos dois mesocosmos testados.

Seria esperado que a elevação de temperatura, e os processos conseqüentes dessa elevação, causassem no ambiente a expressão de fatores propícios à maior evaporação de água, ou seja, perda de água na superfície de contato entre o elemento e a atmosfera. No entanto, se fosse apenas essa alteração, seria óbvio esperar-se que o tratamento com plantas estivesse igualado em perdas com o tratamento sem plantas, ou que existisse então, uma pequena diferença.

Nas Figuras comparativas com fatores climáticos, observou-se que sempre que há uma elevação no grau do fator temperatura, ocorre uma alteração correlata nas leituras de perda, mas que essa correlação é sempre muito mais pronunciada no tratamento sem plantas. Pode-se atribuir essa diferença ao produto do efeito climático causado pela população das plantas na superfície da caixa, como um microclima ou efeito “guarda-chuva”, por exemplo, já que não ocorrem diferenças muito significativas.

Silva (2008), estudando a influência da temperatura e de cargas de nutrientes no crescimento da macrófita aquática flutuante *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, cultivada em água enriquecida artificialmente, observou que, ao final do inverno e início da primavera ocorreram os maiores valores médios de temperatura atmosférica e de ganho de biomassa. Desse modo, o maior crescimento ocorreu nas estações com temperaturas mais altas. Por esse motivo, o maior desenvolvimento no tratamento com plantas poderia ser o indicador da maior atividade evapotranspiratória, e portanto, das maiores perdas de água no tratamento, como ocorreu no presente trabalho, de maneira mais estável.

Figura 9 – Leituras das médias horárias das perdas de água obtidas dos sensores ligados aos tratamentos “caixa com plantas” e “caixa sem plantas” comparada com as médias da temperatura do ar no mesmo período. Ilha Solteira / SP, novembro de 2011.



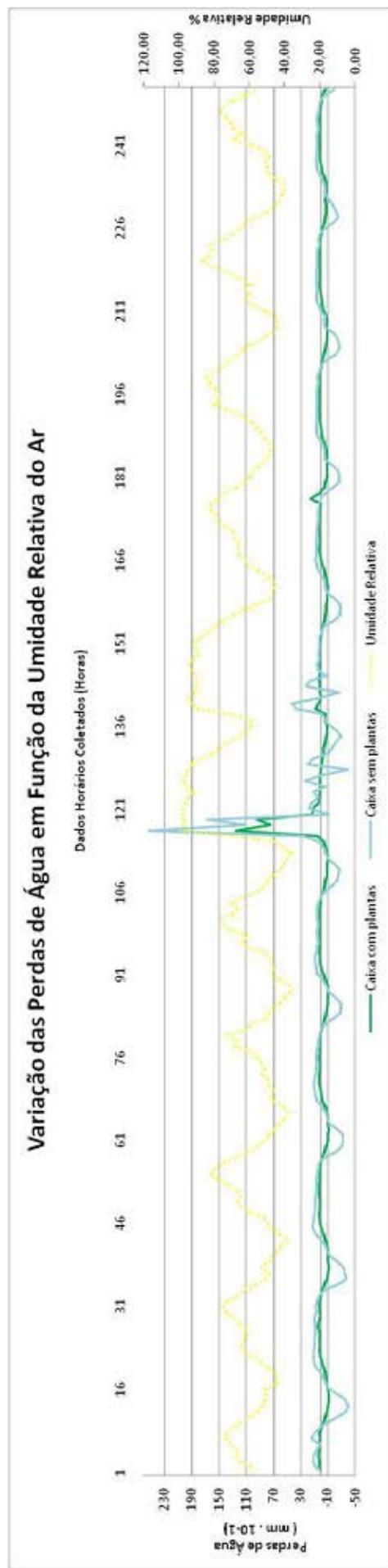
Fonte: Caldas (2014)

Na Figura 10, observa-se que a umidade relativa do ar demonstrou o mesmo comportamento da situação comparada entre perdas e temperatura do ar. Porém nesse caso, nota-se que ocorre um pequeno intervalo entre a variação das perdas nas caixas e a variação da umidade relativa. Entende-se, portanto, que sempre que a umidade relativa começa seu processo de alteração para os menores valores no ar, ou seja, de menor quantidade de água do ar, imediatamente a esse momento as leituras de perdas de água começam a responder de maneira crescente. Já na Figura comparada de temperatura e perdas, somente após a alta das temperaturas é que ocorrem as respostas nos processos de perda.

Desta forma, é aceitável dizer que existe uma forte ligação entre as perdas anotadas pelos sensores, dentro dos reservatórios, e a quantidade de vapor de água do ambiente, o que indica não só uma forte correlação entre as menores umidades do ar e as maiores perdas nos tratamentos, mas que também é correto afirmar que a água que perdeu-se nas caixas foi diretamente enviada ao ambiente, já que a menor redução apontada de vapor de água no ar, implica numa instantânea resposta da leitura nos tratamentos.

Ainda na Figura 10, o reservatório constituído com a comunidade de plantas mostrou as menores variações ao estímulo do ambiente, tanto nas baixas como nas altas umidades relativas, sendo assim, o tratamento que obteve as maiores perdas.

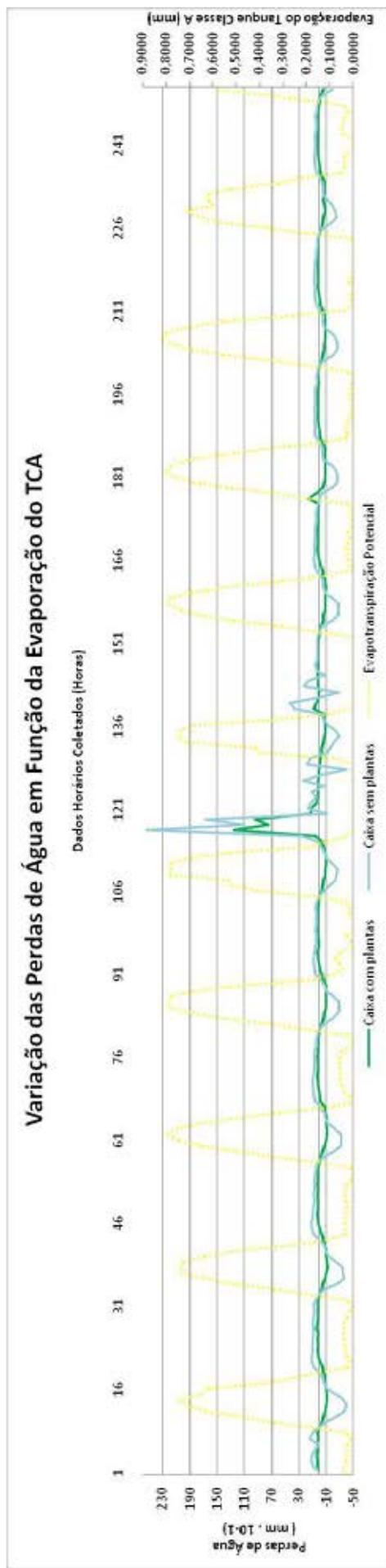
Figura 10 – Leituras das médias horárias das perdas de água obtidas dos sensores ligados aos tratamentos “caixa com plantas” e “caixa sem plantas” comparada com as médias da umidade do ar no mesmo período. Ilha Solteira / SP, novembro de 2011.



Fonte: Caldas (2014)

Comparando os dados obtidos nos tratamentos com a esperada para um ambiente exposto, ou seja, àquelas medidas pelos equipamentos meteorológicos, particularmente, o tanque classe A (TCA), obtém-se a Figura 11. Nesta figura, pode-se aferir que a questão das perdas d'água padrão, medida pelo TCA, está muito mais fortemente correlacionada com os resultados obtidos no tratamento sem plantas, já que no tratamento com plantas, apesar de obedecer à periodicidade muito semelhante, teve sempre perdas elevadas tanto em relação ao TCA quanto ao tratamento concorrente.

Figura 11 – Leituras das médias horárias das perdas de água obtidas dos sensores ligados aos tratamentos “caixa com plantas” e “caixa sem plantas” comparada com as médias da evaporação do Tanque Classe A, no mesmo período. Ilha Solteira / SP, novembro de 2011.



Fonte: Caldas (2014)

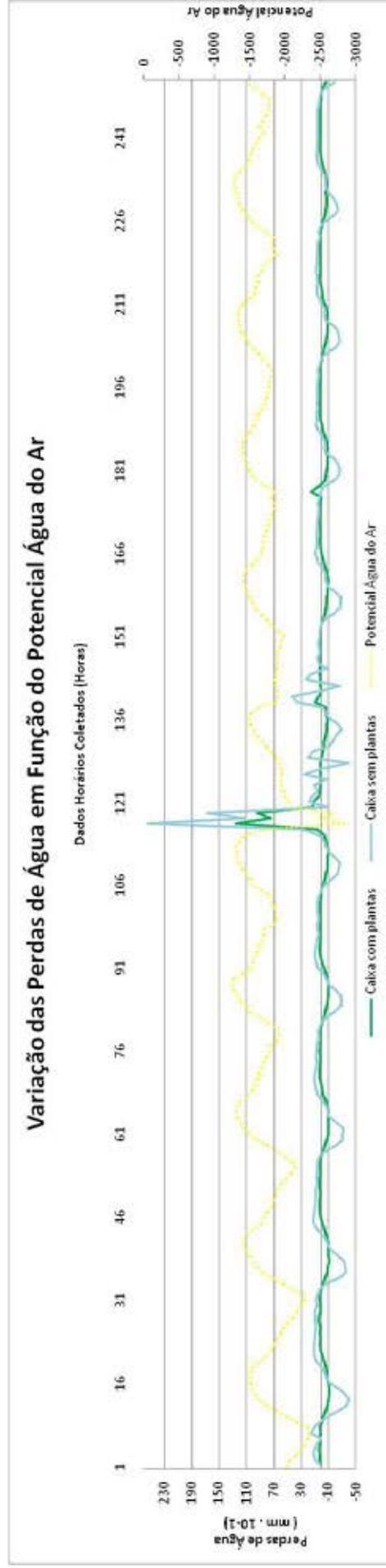
Em razão disso, a intensa movimentação de água das raízes para as folhas das plantas de *E. azurea*, e posteriormente para o ambiente, também conhecido como efeito “dreno”, explica de alguma maneira a superação dessa planta ao “stress” pelo qual foi submetida durante o início, pois ao retirar da água os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento e buscar mais água no reservatório, aumenta a chance de obter os limites necessários para seu desenvolvimento.

Camargo et al. (2003) citaram que as plantas aquáticas, assim como qualquer outro organismo vivo, sobrevive sempre dentro de seus limites de tolerância aos fatores ambientais a que estão expostos, que no caso das macrófitas aquáticas estaria mais fortemente ligado à concentração de nutrientes do ambiente, temperatura e radiação luminosa, velocidade da corrente da água e à competição interespecífica. Os autores afirmam ainda que, essas plantas são organismos altamente adaptáveis a diferentes variações dentro desses limites e desses fatores, podendo responder muito agressivamente às suas variações.

Durante o estudo também foi esperado que esse efeito “dreno” das plantas fosse motivado pelas condições atmosféricas a que estavam submetidas, mais notadamente pelo potencial total de água na atmosfera, uma vez que esse potencial expressa a capacidade do ar em requerer mais umidade em função das energias livres no ambiente, isto é, indica em que sentido estará o fluxo da água entre o sistema solo-água-plantas e a atmosfera, para obter o equilíbrio.

Observa-se na Figura 12, o comportamento das curvas de perda de água nos tratamentos e a curva do potencial total de água na atmosfera, ou potencial água do ar do mesmo período. Nesta Figura as escalas são negativas tanto para o fator ambiental quanto para as perdas, de maneira a causar proporcionalidade entre as leituras. Nesse caso, fica claro que as perdas em ambos os tratamentos sofrem influência do potencial água do ar, já que todos os momentos de maiores perdas estão concorrentes com os horários analisados. A Figura demonstra que, durante o crescimento do potencial água do ar, com os dados seguindo para os valores mais negativos, ocorre o balanço de energia da água com a atmosfera, ficando esta fortemente sujeita a requerer água da superfície molhada para se buscar o equilíbrio.

Figura 12 – Leituras das médias horárias das perdas de água obtidas dos sensores ligados aos tratamentos “caixa com plantas” e “caixa sem plantas” comparada com as médias do Potencial Total de Água na Atmosfera, no mesmo período. Ilha Solteira / SP, novembro de 2011.



Fonte: Caldas (2014)

Também se verifica que as maiores respostas ao estímulo ambiental foram do tratamento com plantas, apesar dos maiores picos ocorrerem no tratamento sem plantas, pelo fato da transpiração ocorrer até mesmo nos períodos menos influenciados pela luz solar. Assim, o potencial da água do ar é uma variável dependente tanto da temperatura como da umidade relativa do ar, e portanto esperava-se algo muito parecido entre as três comparações, o que de fato ocorreu, talvez com um efeito adicional no figura do potencial água, dado pela temperatura e umidade relativa do ar em conjunto.

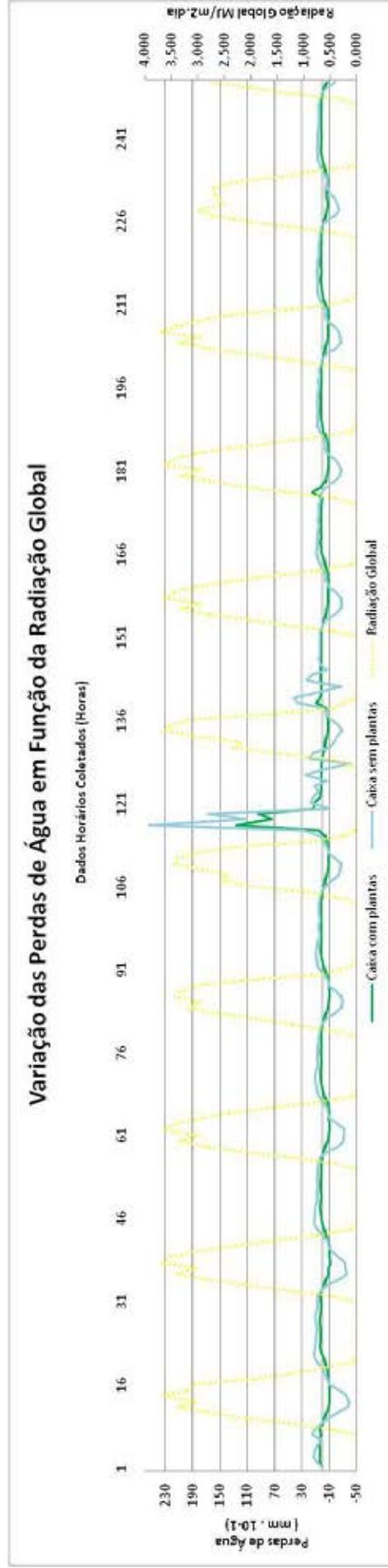
Quando comparadas as curvas de perdas de água com o fator da radiação global, confeccionou-se a Figura 13, que neste caso também foi comparado com as leituras dos sensores e conseqüentemente com as perdas nas caixas/tratamento.

Desta forma, observa-se então que esse fator ambiental foi o que apresentou, de certo modo, a dinâmica mais sincronizada com a movimentação das perdas dentre todos os outros. As curvas apresentaram perfeito sincronismo entre as movimentações da evolução temporal da radiação e as perdas observadas em ambos os tratamentos, demonstrando também que esse fator ambiental tem reflexos da sua expressão nos mecanismos que atuam na perda de água tanto de uma superfície livre ou exposta, quanto de uma contendo população de *E. azurea*.

Nessa situação, a grandeza de radiação é inversamente proporcional às perdas de água, pois sua escala é positiva, dada em $\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ (megajoule por metro quadrado em cada dia), sendo que quanto mais positiva for a radiação, maior seria a quantidade de energia despejada no ecossistema em questão, e portanto maior o calor disponível para a evaporação de água.

Poderia, então, se esperar uma maior resposta da caixa sem plantas em perdas, já que os picos de radiação indicam ampla disponibilidade de energia no ambiente, o que deveria refletir diretamente na capacidade do mesmo em retirar água da superfície da caixa sem planta. Porém, nota-se claramente que a população de macrófitas aquáticas é capaz de aproveitar dessa disponibilidade de energia para seus processos de desenvolvimento, e mais uma vez alcançar maiores taxas de perda de água.

Figura 13 – Leituras das médias horárias das perdas de água obtidas dos sensores ligados aos tratamentos “caixa com plantas” e “caixa sem plantas” comparada com as médias da umidade do ar no mesmo período. Ilha Solteira / SP, novembro de 2011.



Fonte: Caldas (2014)

Desta maneira, as diferenças verificadas em todo experimento demonstram que o tratamento com plantas possui em todo momento perdas de água sempre menores em relação às apresentadas pelo tratamento sem plantas, todavia constantes até mesmo em períodos de chuva, resposta essa que não se explicaria, não fosse pela presença das plantas no reservatório e pela intensa transpiração que possuem.

Válido mencionar que ainda não há trabalhos demonstrando o efetivo de dano potencial que uma população de macrófitas aquáticas causaria a um reservatório de água, focando nas perdas de água, visto que é esse provavelmente o maior problema causado por essas plantas. Sendo assim, não há como afirmar que o comportamento da macrófita *E. azurea* em um ambiente natural, como o lago do reservatório de uma usina hidrelétrica, será o mesmo, pois podem existir perdas diferentes em momentos diferentes. Analisando-se as leituras médias do presente trabalho apenas, e pensando nessas perdas repetidas dia após dia em imensas áreas de plantas, dezenas de hectares cobertos de 70 a 80% com aguapé (uma situação que casualmente ocorre na natureza), liberando água ao ambiente na forma de vapor, podemos calcular a quantidade de dezenas de metros cúbicos de água emitidas para a atmosfera.

O ciclo que a água cumpre no ambiente é conhecido, longo e complexo, e não se sabe exatamente qual o destino a água evaporada numa determinada região. No entanto, é certo que essas quantidades não estarão mais disponíveis ali, e que poderão, durante o processo de ciclagem, tomar destinos diversos, que não necessariamente levarão a recomposição de água doce e potável. Portanto, a possibilidade de centenas de metros cúbicos de água serem evaporados nos reservatórios de água doce do país é, sem dúvida, digna de grande preocupação ambiental.

Sob o ponto de vista econômico, pensando-se numa cadeia de reservatórios ao longo do curso de um rio, como no caso do Tietê, no estado de São Paulo, onde cada metro cúbico perdido no primeiro reservatório deve ser multiplicado pelos demais na seqüência, até o último lago do complexo, deveria ser analisado quanto não se estaria perdendo em energia elétrica a qual deixou de ser gerada devido às perdas causadas pela evapotranspiração das macrófitas.

Esse questionamento e outras reflexões que possam surgir sobre o tema recaem sobre o ponto chave do problema: o surgimento desse tipo de vegetação

nos ambientes aquáticos, como resultado da ação antrópica, deve ser encarado como um alerta para o fato da poluição ambiental e um motivo para se buscar cada vez mais o equilíbrio entre o desenvolvimento e o ambiente em que vivemos.

No que se refere às observações sobre as Figuras apresentadas no trabalho, nenhuma delas são de maneira alguma constatações definitivas sobre o que ocorreu durante a coleta de dados, mas pode de maneira simples, colaborar com o assunto que envolve as perdas de água e as plantas aquáticas.

Existe uma correlação perceptível entre os fatores apresentados e o estímulo ao aumento das perdas, dado que o sensor possui uma precisão maior que a necessária para tanto, bem como a condução do experimento durante um curto espaço de tempo, e com leituras efetuadas em intervalos muito próximos, mitigam erros no sentido da precisão e valor do que foi analisado.

Pelo fato do presente estudo não ter como objetivo estudar os mecanismos relacionados com o processo transpiratório da colonização de aguapé, e nem tão pouco a correlação que existia entre os fatores ambientais propriamente ditos e a ativação dos processos de perdas, não há como dizer que necessariamente o fator apresentado desencadeou o processo de maior perda no tratamento com plantas, mas sim que ocorreram relações próximas entre os fatores estudados e as perdas descritas. Tem-se muito a discutir sobre o assunto, e sobre o que pode estar implícito nas observações levantadas, sobre o que realmente é fator de influência.

Por fim, verifica-se que o objetivo do trabalho foi atingido, sendo demonstrado que a população de plantas *E. azurea* elevou a evapotranspiração em 2,79 vezes, quando comparada ao mesocosmo sem plantas, interferindo no processo de perdas.

5 CONCLUSÕES

O ambiente colonizado pela macrófita aquática *Eichhornia azurea*, através de sua evapotranspiração, aumentou a perda de água em pelo menos 2,79 vezes em relação as perdas no tratamento sem plantas, quando analisados os dados médios para o período.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PRUEGER, J. H.; HILL, R. W. Evapotranspiration from Isolated Stands of Hydrophytes: Cattail and Bulrush. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St Joseph, v. 35, n. 4, p. 1191-1198, 1992.

AMARAL, M. C.; BITTICHI, V.; FARIA, A. D.; ANDERSON, L. O.; AONA, L. Y. **Guia de campo para plantas aquáticas e palaustres do estado de São Paulo**. Campinas: Holos, 2008. 452 p.

ANDERSON, M. G.; IDSO, S. B. Surface geometry and stomatal conductance effects on evaporation from aquatic macrophytes, **Water Resour. Res.**, Hoboken, v. 23, n. 6, p. 1037-1042, 1987.

ASAEDA, T.; TRUNG, V. K.; MANTUNGE, J. Modeling the effects of macrophyte growth and decomposition on the nutrient budget in Shallow Lakes. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 68, n. 3, p. 217-237, 2000.

BARRETT, S. C. H. Floral biology of *Eichhornia azurea* (Swartz) Kunth (Pontederiaceae). **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 5, n. 3, p. 217-228, 1978.

BITAR, A. L. **Fluxo de nitrogênio e seu uso por duas macrófitas (*E. crassipes* e *P. stratiotes*) no reservatório de Salto Grande (Americana-SP)**. 1998. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

BORGES, A. C.; MEDIONDO, E. M. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na bacia do rio Jacupiranga, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n. 3, p.293-300, 2007.

BREZNY, O.; MEHTA, I.; SHARMA, R. K. Studies on evapotranspiration of some aquatic weeds. **Weed Science Society of America**, Lawrence, v. 21, n. 3, p. 197-204, 1973.

CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M.; HENRY - SILVA, G. G. Fatores limitantes à produção primária. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Ed.) **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: Eduem, 2003. p. 59-83.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Hidrologia**. [S. l.: s. n.], 2006. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap6.ET.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2014.

CARVALHO, F. T.; VELINI, E. D.; FRAZZATTO, E. F.; ANJOS, F. M. dos; PERUCHI, M. Análise temporal do crescimento vegetativo de *Egeria najas* a partir de fragmentos da planta. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. spe., p. 101-104, 2003.

CARVALHO, F. T.; MARTINS, D.; CARVALHO, A. L. Dinâmica de plantas aquáticas em ecossistemas modificados: ocorrência, levantamento, prejuízos e controle. **Cultura Agronomica**, Ilha Solteira, v. 18, p. 61-73, 2009.

CASTELLANOS, A. Las pontederiaceae de Brasil. **Arquivos do Jardim Botânico**, Rio de Janeiro, v. 16, p. 149-217, 1958.

CASTRO, R. M. **Estudo comparativo das perdas d'água em mesocosmos colonizados ou não por aguapé (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach)**. 2008. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

CEZAR, V. R. S.; VILLAS BOAS, R. L.; CORRÊA, M. R.; NEGRISOLI, E.; VELINI, E. D. Avaliação da degradação de macrófitas aquáticas descartadas em ambiente protegido. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 255-261, 2005.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO - CESP. **Conservação e manejo nos reservatórios**: limnologia, ictiologia e pesca. São Paulo, 1998. 166 p.

ECKENWALDER J. E.; BARRETT, S. C. H. Phylogenetic systematics of Pontederiaceae. **Systematic Botany**, v. 11, n. 3, p. 373-391, 1986.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, FINEP, 1988. 575 p.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 575 p.

FERNANDEZ, O. A.; SUTTON, D. L.; LALLANA, V. H.; SABBATINI, M. R.; IRIGOYEN, J. H. Aquatic weed problems and management in South and Central America. In: PIETERSE, A. H., MURPHY, K. J. **Aquatic weeds: the ecology and management of nuisance aquatic vegetation**. Oxford: Oxford University Press, 1990. p. 407-425.

GREENWAY, M. Nutrient content of wetland plants in constructed wetlands receiving municipal effluent in tropical Australia. **Water Science Technology**, London, v. 35, n. 5, p. 135-142, 1997.

HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS FILHO, M. A. F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: UNESP, 1995. 45 p. (Série irrigação, 1).

HOLM, L.; YEO, R. The biology, control and utilization of aquatic weeds, part I. **Weeds Today**, Lawrence, v. 1, n. 1, p. 7-13, 1980

IBAMA. Apresentação. In: WORKSHOP SOBRE CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília. **Anais...** Brasília: IBAMA, 1998, p. 2-4.

JOYCE, J. C. Practical uses of aquatic weeds. In: PIETERSE, A. H.; MURPHY, K. J. (Ed.). **Aquatic weeds: the ecology and management of nuisance aquatic vegetation**. Oxford: Oxford Univ. Press, 1990. p. 274-291.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: Basf Brasileira, 1992. 789 p.

KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo I. 2. ed. São Paulo: BASF, 1997. 824 p.

KLOCKE, N. L.; HUBBARD, K. G.; KRANZ, W. L.; WATTS, D. G. **Evapotranspiration (ET) or Crop Water Use**. [S. l.: s. n.], 1996. Disponível em: <<http://www.p2pays.org/ref/20/19769.htm>>. Acesso em: 10 jul. 2008.

LALLANA, V. H.; SABATTINI, R. A.; LALLANA, M. D. C. Evapotranspiration from *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes*, *Salvinia herzogii* and *Azolla caroliniana* during summer in Argentina. **J. Aquat. Plant Manag.**, Vicksburg, v. 25, n. 1, p. 48-50, 1987.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais. Nova Odessa: Plantarum, 1982. 425 p.

MARCONDES, D. A. S.; TANAKA, R. H. Plantas aquáticas nos reservatórios das usinas hidrelétricas da CESP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu. **Anais...** Viçosa: SBCPD, 1997. p. 2-4.

MARCONDES, D. A. S.; MUSTAFÁ, A. F.; TANAKA, R. H. Estudos para manejo integrado de plantas aquáticas no reservatório de Jupjá. In: THOMAZ, M. S.; BINI, M. L. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. p. 299-318.

MATAI, S. Protein from water weeds. In: VARSHEY, C. K.; RZÓSKA, J. (Ed.) **Aquatic weeds of S.E. Asia**. The Hague: Dr. W. Junk Publ., 1976. p. 369-373.

MIYAZAKI, D. M. Y.; PITELLI, R. A. Estudo do potencial do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) como agente de controle biológico de *Egeria densa*, *E. najas* e *Ceratophyllum demersum*. **Planta Daninha**, Jaboticabal, v. 21, n. spe, p. 53-59, 2003. (Edição especial).

MORAES, D. A. de C.; SARTORI, A. A. da C.; NOSSACK, F. A.; SPADOTTO, C. A.; ZIMBACK, C. R. L. Estimativa e comparação da área ocupada por plantas aquáticas na superfície da Represa Salto Grande - SP com auxílio da classificação de imagens CBERS-2B. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 2569-2575

NRW. Department of Natural Resources and Water. **The State of Queensland**. [S. l.], 2007. Disponível em: <<http://www.nrw.qld.gov.au/factsheets/pdf/pest/pp6.pdf>>. Acesso em: 1 ago. 2007.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434 p.

OTIS, C. H. The transpiration of emerged water plants: its measurements and relationships. **Botanical Gazette**, Chicago, v. 58, p. 457-494, 1914.

PAULIUKONIS, N.; SCHNEIDER, R. Temporal patterns in evapotranspiration from lysimeters with three common wetland plant species in the eastern United States. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 71, n. 1, p. 35-46, 2001.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária Ltda, 2002.

PITELLI, R. A. Macrófitas aquáticas no Brasil, na condição de problemáticas. In: WORKSHOP SOBRE CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília. **Anais...** IBAMA, Brasília, DF, 1998. p. 32-35.

PITELLI, R. L. C. M.; TOFFANELI, C. M.; VIEIRA, E. A.; PITELLI, R. A.; VELINI, E. D. Dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório de Santana, RJ. **Planta Daninha**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 473-480, 2008.

POTT, V. J., POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Corumbá: Embrapa – Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal, 2000. 404 p.

REICHARDT, R.; TIMM, L. C. **Solo planta atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2004.

RIEMER, D. N. **Introduction freshwater vegetation**. Westport: Edition Orig., 1984. 218 p.

SANCHES, A. L.; CERVI, A. C.; POTT, V. J. **Levantamento taxonômico de Pontederiaceae Kunth do Pantanal, nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, Brasil**. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL: OS DESAFIOS DO NOVO MILÊNIO, 3., 2000, Corumbá. **Anais...** Corumbá, 2000. p. 1-31.

SCUDERI, C. M. **Estimativa da taxa de evapotranspiração da macrófita aquática “*Zizaniopsis bonariensis*” aplicação à simulação do nível de água do longo período do banhado do Taim (RS)**. 2010. 198 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SILVA, R. de S. **Influência da temperatura e de cargas de nutrientes no crescimento da macrófita aquática flutuante *Eichhornia crassipes* (mart.) solms cultivada em água enriquecida artificialmente**. 2008. 42 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

SMITH, B. E.; LANGELAND, K. A.; HANLON, C. G. Influence of foliar exposure, adjuvants and rain-free period on the efficacy of glyphosate for torpedograss control. **Journal of Aquatic Plant Management**, Vicksburg, v. 37, p. 13-16, 1999.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. **Determinação da evapotranspiração para fins de irrigação**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1995. 49 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 55).

TANAKA, R. H. Prejuízos provocados por plantas aquáticas. In: WORKSHOP SOBRE CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: IBAMA, 1998. p. 36-38.

TANAKA, R. H.; VELINI, E. D.; MARTINS, D.; BRONHARA, A. A.; SILVA, M. A. S.; CAVENAGHI, A. L.; TOMAZELA, M. S. Avaliação de herbicidas no controle de egéria em laboratório, caixa d'água e represa sem fluxo d'água. **Planta Daninha**, Jaboticabal, v. 20, n. 1, p. 73-81, 2002a. Edição especial.

TANAKA, R. H.; CARDOSO, L. R., MARTINS, D., MARCONDES, D. A. S.; MUSTAFÁ, A. L. Ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da Companhia Energética de São Paulo. **Planta Daninha**, Jaboticabal, v. 20, p. 99-111, 2002b. Edição Especial.

THOMAZ, S. M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta Daninha**, Jaboticabal, v. 20, p. 21-33, 2002. Edição Especial.

THORNTHWAITE, C. W.; WILM, H. G. **Report of the Commite on evapotranspiration and transpiration, 1943-1944**. Washington: Transactions of the American Geophysical Union, 1944. p.686-693.

TROPICALFLOWERS. **Eichhornia azurea**. [S. I.], 2013. Disponível em <<http://tropicalflowers.la.coocan.jp/Pontederiaceae/Eichhornia%20azurea/Eichhornia%20azurea.htm>>. Acesso em: 17 ago. 2013.

TUTTISHOPRECOMAL. **Caixas d'água em duque de caixas**. [S. I.], 2012. Disponível em <<http://www.tuttishoprecomal.com.br/caixas-dagua-em-duque-de-caixas-rj.html>>. Acesso em: 11 set. 2012.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP. Faculdade de Engenharia. Laboratório de Hidráulica e Irrigação - LHI. **Canal clima tempo da Unesp de Ilha Solteira: Área de Hidráulica e Irrigação**. Ilha Solteira, 2011. Disponível em: <<http://clima.feis.unesp.br>>. Acesso em: 29 nov. 2011.

VAN NES, E. H.; SHEFFEB, M.; VAN DEN BERG, M. S.; COOPS, H. Aquatic macrophytes: restore, erradicate or is there a compromise. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 72, p. 387-403, 2002.

VELINI, E. D. Controle mecânico de plantas aquáticas no Brasil. In: WORKSHOP SOBRE CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: IBAMA, 1998. p. 32-35.

VELINI, E. D. Controle de plantas daninhas aquáticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Palestras...** Foz do Iguaçu: SBCPD, 2000. p. 137-147.

VELINI, E. D.; GALO, M. de L. B. T.; TRINDADE, M. L. B. ; MARTINS, D.; BRONHARA, A. Manejo de plantas aquáticas em grandes reservatórios: riscos associados à estratégia de não ação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** Londrina: SBCPD, 2002. p. 610.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

YOUNG, A. A.; BLANEY, H. F. **Use of water by native vegetation**. Moscow: Water Resources, 1942. 160 p.

WETZEL, R. G. **Limnology**. Philadelphia: Saunders, 1975. 860 p.

WETZEL, R. G. **Limnology**. 2 ed. Saunders, Coll.Publ., Fort Worth, 1993. 620 p.

ANEXO A – Dados climáticos médios horários do Município de Ilha Solteira/SP em novembro de 2011

Dados Climáticos Médios Horários do Município de Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011, entre as 0 hora e 23 horas do dia 01 de novembro de 2011. Valores utilizados como fonte para as comparações no trabalho.

Data	Hora	Temperatura	Umidade Relativa	Radiação Global	Precipitação	Evapo transpiração Penman Monteith	Ψ
-	-	°C	%	MJ/m ² .dia	mm	mm	atm
1/11/2011	00:00	20,63	75,77	0,000	0,000	0,0260	-371
1/11/2011	01:00	19,64	75,92	0,000	0,000	0,0250	-367
1/11/2011	02:00	18,56	79,82	0,000	0,000	0,0190	-299
1/11/2011	03:00	17,95	80,90	0,000	0,000	0,0160	-281
1/11/2011	04:00	17,27	83,10	0,000	0,000	0,0110	-245
1/11/2011	05:00	16,62	84,90	0,000	0,000	0,0070	-216
1/11/2011	06:00	16,11	84,20	0,012	0,000	0,0000	-226
1/11/2011	07:00	16,76	82,20	0,454	0,000	0,0200	-258
1/11/2011	08:00	18,36	73,97	1,306	0,000	0,1790	-400
1/11/2011	09:00	19,81	69,22	2,157	0,000	0,3370	-490
1/11/2011	10:00	21,55	64,93	2,888	0,000	0,4900	-579
1/11/2011	11:00	23,29	59,63	3,387	0,000	0,6240	-697
1/11/2011	12:00	24,49	55,41	3,075	0,000	0,7090	-799
1/11/2011	13:00	25,52	51,63	3,565	0,000	0,7130	-898
1/11/2011	14:00	25,93	46,48	3,556	0,000	0,7250	-1042
1/11/2011	15:00	26,73	39,78	3,114	0,000	0,6470	-1257
1/11/2011	16:00	26,88	37,49	2,428	0,000	0,5170	-1339
1/11/2011	17:00	26,75	37,69	1,597	0,000	0,3620	-1331
1/11/2011	18:00	26,18	38,87	0,731	0,000	0,1840	-1287
1/11/2011	19:00	24,40	43,47	0,071	0,000	0,0580	-1128
1/11/2011	20:00	22,72	49,97	0,000	0,000	0,0270	-934
1/11/2011	21:00	21,72	52,83	0,000	0,000	0,0260	-856
1/11/2011	22:00	20,94	55,25	0,000	0,000	0,0310	-794
1/11/2011	23:00	20,39	54,87	0,000	0,000	0,0420	-801

Fonte: UNESP (2011)

Dados Climáticos Médios Horários do Município de Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011, entre as 0 hora e 23 horas do dia 02 de novembro de 2011. Valores utilizados como fonte para as comparações no trabalho.

Data	Hora	Temperatura	Umidade Relativa	Radiação Global	Precipitação	Evapotranspiração Penman Monteith	Ψ
-	-	°C	%	MJ/m ² .dia	mm	mm	Atm
2/11/2011	00:00	19,73	57,59	0,000	0,000	0,0430	-735
2/11/2011	01:00	19,21	59,53	0,000	0,000	0,0420	-690
2/11/2011	02:00	17,86	65,81	0,000	0,000	0,0330	-554
2/11/2011	03:00	17,05	67,61	0,000	0,000	0,0310	-517
2/11/2011	04:00	16,36	66,98	0,000	0,000	0,0280	-528
2/11/2011	05:00	15,69	71,13	0,000	0,000	0,0240	-448
2/11/2011	06:00	15,38	73,07	0,013	0,000	0,0130	-412
2/11/2011	07:00	15,74	73,35	0,455	0,000	0,0330	-407
2/11/2011	08:00	17,53	68,33	1,284	0,000	0,1750	-504
2/11/2011	09:00	19,34	65,04	2,114	0,000	0,3390	-572
2/11/2011	10:00	21,48	59,46	2,837	0,000	0,4930	-697
2/11/2011	11:00	23,74	55,21	3,366	0,000	0,6300	-802
2/11/2011	12:00	25,43	52,69	3,045	0,000	0,7110	-870
2/11/2011	13:00	26,71	51,28	3,650	0,000	0,7410	-911
2/11/2011	14:00	27,59	50,90	3,208	0,000	0,6550	-924
2/11/2011	15:00	28,36	51,17	3,053	0,000	0,6170	-919
2/11/2011	16:00	28,91	44,29	1,913	0,000	0,3850	-1119
2/11/2011	17:00	28,64	44,91	1,278	0,000	0,2470	-1099
2/11/2011	18:00	27,86	45,93	0,666	0,000	0,1420	-1065
2/11/2011	19:00	25,89	50,03	0,070	0,000	0,0250	-942
2/11/2011	20:00	24,14	54,37	0,000	0,000	0,0160	-824
2/11/2011	21:00	23,52	59,80	0,000	0,000	0,0290	-694
2/11/2011	22:00	23,08	63,75	0,000	0,000	0,0350	-607
2/11/2011	23:00	22,22	64,72	0,000	0,000	0,0360	-585

Fonte: UNESP (2011)

Dados Climáticos Médios Horários do Município de Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011, entre as 0 hora e 23 horas do dia 03 de novembro de 2011. Valores utilizados como fonte para as comparações no trabalho.

Data	Hora	Temperatura	Umidade Relativa	Radiação Global	Precipitação	Evapotranspiração Penman Monteith	Ψ
-	-	°C	%	MJ/m ² .dia	mm	mm	atm
3/11/2011	00:00	21,24	63,36	0,000	0,000	0,0420	-611
3/11/2011	01:00	20,45	61,38	0,000	0,000	0,0420	-652
3/11/2011	02:00	19,51	62,45	0,000	0,000	0,0440	-627
3/11/2011	03:00	18,52	66,22	0,000	0,000	0,0390	-547
3/11/2011	04:00	17,66	69,99	0,000	0,000	0,0260	-472
3/11/2011	05:00	16,78	73,31	0,000	0,000	0,0160	-409
3/11/2011	06:00	16,00	75,32	0,014	0,000	0,0000	-373
3/11/2011	07:00	16,58	72,33	0,454	0,000	0,0250	-427
3/11/2011	08:00	18,30	66,73	1,286	0,000	0,1800	-536
3/11/2011	09:00	20,20	62,16	2,124	0,000	0,3420	-634
3/11/2011	10:00	22,36	56,64	2,857	0,000	0,5090	-764
3/11/2011	11:00	24,91	51,39	3,379	0,000	0,6460	-903
3/11/2011	12:00	26,60	48,57	3,047	0,000	0,7320	-985
3/11/2011	13:00	27,30	53,75	3,663	0,000	0,7360	-848
3/11/2011	14:00	28,96	48,89	3,495	0,000	0,7280	-983
3/11/2011	15:00	29,96	47,16	3,047	0,000	0,6320	-1036
3/11/2011	16:00	30,31	44,34	2,369	0,000	0,4840	-1123
3/11/2011	17:00	30,75	41,99	1,536	0,000	0,2560	-1200
3/11/2011	18:00	30,03	37,31	0,712	0,000	0,1110	-1360
3/11/2011	19:00	27,56	43,26	0,075	0,000	0,0310	-1146
3/11/2011	20:00	25,97	47,06	0,000	0,000	0,0300	-1026
3/11/2011	21:00	25,44	49,70	0,000	0,000	0,0400	-950
3/11/2011	22:00	24,65	52,04	0,000	0,000	0,0400	-885
3/11/2011	23:00	23,71	59,94	0,000	0,000	0,0310	-691

Fonte: UNESP (2011)

Dados Climáticos Médios Horários do Município de Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011, entre as 0 hora e 23 horas do dia 04 de novembro de 2011. Valores utilizados como fonte para as comparações no trabalho.

Data	Hora	Temperatura	Umidade Relativa	Radiação Global	Precipitação	Evapotranspiração Penman Monteith	Ψ
-	-	°C	%	MJ/m ² .dia	mm	mm	atm
4/11/2011	00:00	23,09	64,58	0,000	0,000	0,0280	-589
4/11/2011	01:00	22,34	66,58	0,000	0,000	0,0300	-547
4/11/2011	02:00	21,88	65,46	0,000	0,000	0,0360	-569
4/11/2011	03:00	21,06	67,66	0,000	0,000	0,0380	-523
4/11/2011	04:00	19,87	72,81	0,000	0,000	0,0270	-423
4/11/2011	05:00	18,82	79,15	0,000	0,000	0,0090	-311
4/11/2011	06:00	18,07	82,00	0,014	0,000	0,0000	-263
4/11/2011	07:00	18,53	79,08	0,455	0,000	0,0130	-311
4/11/2011	08:00	20,09	73,91	1,271	0,000	0,1570	-403
4/11/2011	09:00	21,83	67,66	2,103	0,000	0,3390	-524
4/11/2011	10:00	24,01	61,34	2,832	0,000	0,5130	-661
4/11/2011	11:00	26,36	55,71	3,336	0,000	0,6530	-797
4/11/2011	12:00	28,87	51,43	3,000	0,000	0,7500	-914
4/11/2011	13:00	30,37	48,75	3,631	0,000	0,7910	-992
4/11/2011	14:00	31,60	46,31	3,470	0,000	0,7550	-1067
4/11/2011	15:00	32,97	42,69	3,030	0,000	0,6510	-1185
4/11/2011	16:00	33,47	39,93	2,392	0,000	0,4980	-1280
4/11/2011	17:00	33,28	38,54	1,581	0,000	0,3120	-1329
4/11/2011	18:00	32,35	40,91	0,700	0,000	0,0840	-1242
4/11/2011	19:00	30,08	46,82	0,061	0,000	0,0000	-1047
4/11/2011	20:00	28,52	47,57	0,000	0,000	0,0200	-1020
4/11/2011	21:00	28,19	46,80	0,000	0,000	0,0450	-1041
4/11/2011	22:00	27,32	49,02	0,000	0,000	0,0520	-974
4/11/2011	23:00	27,16	49,83	0,000	0,000	0,0590	-952

Fonte: UNESP (2011)

Dados Climáticos Médios Horários do Município de Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011, entre as 0 hora e 23 horas do dia 05 de novembro de 2011. Valores utilizados como fonte para as comparações no trabalho.

Data	Hora	Temperatura	Umidade Relativa	Radiação Global	Precipitação	Evapotranspiração Penman Monteith	Ψ
-	-	°C	%	MJ/m ² .dia	mm	mm	Atm
5/11/2011	00:00	26,14	53,13	0,000	0,000	0,0530	-861
5/11/2011	01:00	25,73	51,81	0,000	0,000	0,0590	-894
5/11/2011	02:00	24,78	53,76	0,000	0,000	0,0600	-841
5/11/2011	03:00	24,11	55,93	0,000	0,000	0,0560	-786
5/11/2011	04:00	23,45	59,77	0,000	0,000	0,0490	-694
5/11/2011	05:00	22,01	68,45	0,000	0,000	0,0120	-509
5/11/2011	06:00	21,85	67,40	0,018	0,000	0,0000	-529
5/11/2011	07:00	21,59	72,73	0,504	0,000	0,0330	-427
5/11/2011	08:00	24,29	62,18	1,240	0,000	0,2050	-643
5/11/2011	09:00	26,26	59,00	1,909	0,000	0,3540	-719
5/11/2011	10:00	28,90	51,11	2,623	0,000	0,5510	-922
5/11/2011	11:00	30,22	49,04	3,188	0,000	0,7020	-983
5/11/2011	12:00	32,20	45,79	2,958	0,000	0,7870	-1085
5/11/2011	13:00	33,40	42,35	3,422	0,000	0,7870	-1198
5/11/2011	14:00	34,34	39,53	3,352	0,000	0,7730	-1298
5/11/2011	15:00	35,12	36,81	2,982	0,000	0,6740	-1401
5/11/2011	16:00	34,59	37,56	2,150	0,000	0,4840	-1371
5/11/2011	17:00	30,66	43,26	0,642	0,000	0,1700	-1158
5/11/2011	18:00	28,99	47,49	0,275	0,000	0,0840	-1023
5/11/2011	19:00	28,59	46,50	0,033	0,000	0,0450	-1051
5/11/2011	20:00	28,52	47,38	0,000	0,000	0,0610	-1025
5/11/2011	21:00	27,77	48,34	0,000	0,000	0,0810	-995
5/11/2011	22:00	26,99	52,55	0,000	0,000	0,0540	-878
5/11/2011	23:00	26,03	62,33	0,000	0,000	0,0000	-643

Fonte: UNESP (2011)

Dados Climáticos Médios Horários do Município de Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011, entre as 0 hora e 23 horas do dia 06 de novembro de 2011. Valores utilizados como fonte para as comparações no trabalho.

Data	Hora	Temperatura	Umidade Relativa	Radiação Global	Precipitação	Evapotranspiração Penman Monteith	Ψ
-	-	°C	%	MJ/m ² .dia	mm	mm	Atm
6/11/2011	00:00	25,59	63,88	0,000	0,000	0,0150	-609
6/11/2011	01:00	25,21	61,13	0,000	0,000	0,0310	-668
6/11/2011	02:00	22,94	70,96	0,000	0,000	0,0000	-462
6/11/2011	03:00	22,39	74,84	0,000	0,000	0,0000	-390
6/11/2011	04:00	22,44	75,29	0,000	0,000	0,0010	-382
6/11/2011	05:00	23,03	69,07	0,000	0,000	0,0250	-499
6/11/2011	06:00	23,23	66,87	0,014	0,000	0,0160	-543
6/11/2011	07:00	23,61	70,36	0,412	0,000	0,0270	-475
6/11/2011	08:00	26,21	63,26	1,018	0,000	0,1430	-624
6/11/2011	09:00	28,30	55,06	2,073	0,000	0,3880	-818
6/11/2011	10:00	29,47	52,13	2,520	0,000	0,5200	-897
6/11/2011	11:00	30,29	49,03	2,430	0,000	0,5330	-984
6/11/2011	12:00	31,73	46,72	2,916	0,000	0,7820	-1055
6/11/2011	13:00	32,66	41,95	3,412	0,000	0,7770	-1208
6/11/2011	14:00	33,06	40,16	3,392	0,000	0,7800	-1271
6/11/2011	15:00	33,47	38,73	2,999	0,000	0,6910	-1323
6/11/2011	16:00	33,94	36,40	2,364	0,000	0,5210	-1412
6/11/2011	17:00	32,70	41,25	0,880	0,000	0,1910	-1232
6/11/2011	18:00	31,09	46,37	0,224	0,000	0,1110	-1064
6/11/2011	19:00	25,74	70,09	0,007	10,160	0,0330	-483
6/11/2011	20:00	20,97	97,40	0,000	6,858	0,0000	-35
6/11/2011	21:00	20,72	97,80	0,000	13,970	0,0000	-30
6/11/2011	22:00	20,23	97,10	0,000	2,794	0,0000	-39
6/11/2011	23:00	20,13	97,60	0,000	1,270	0,0000	-32

Fonte: UNESP (2011)

Dados Climáticos Médios Horários do Município de Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011, entre as 0 hora e 23 horas do dia 07 de novembro de 2011. Valores utilizados como fonte para as comparações no trabalho.

Data	Hora	Temperatura	Umidade Relativa	Radiação Global	Precipitação	Evapotranspiração Penman Monteith	Ψ
-	-	°C	%	MJ/m ² .dia	mm	mm	Atm
7/11/2011	00:00	20,41	97,50	0,000	1,270	0,0000	-34
7/11/2011	01:00	20,62	96,80	0,000	0,508	0,0000	-43
7/11/2011	02:00	20,93	95,00	0,000	0,254	0,0000	-69
7/11/2011	03:00	20,93	92,50	0,000	0,000	0,0000	-104
7/11/2011	04:00	21,09	95,70	0,000	0,000	0,0000	-59
7/11/2011	05:00	20,85	97,30	0,000	0,254	0,0000	-37
7/11/2011	06:00	20,88	96,60	0,005	0,000	0,0000	-46
7/11/2011	07:00	21,35	94,70	0,204	0,000	0,0000	-73
7/11/2011	08:00	22,21	93,10	0,549	0,000	0,0000	-96
7/11/2011	09:00	23,42	88,10	1,484	0,000	0,0890	-171
7/11/2011	10:00	24,54	80,40	2,309	0,000	0,3970	-295
7/11/2011	11:00	25,33	76,44	2,203	0,000	0,4130	-365
7/11/2011	12:00	26,73	71,40	3,099	0,000	0,7210	-460
7/11/2011	13:00	27,44	65,69	3,613	0,000	0,7460	-575
7/11/2011	14:00	28,47	61,54	3,512	0,000	0,7440	-666
7/11/2011	15:00	28,89	58,92	3,160	0,000	0,6740	-727
7/11/2011	16:00	28,67	59,36	1,621	0,000	0,3500	-716
7/11/2011	17:00	26,27	71,63	0,446	0,000	0,1050	-454
7/11/2011	18:00	23,20	89,80	0,224	4,064	0,0000	-145
7/11/2011	19:00	22,18	92,80	0,026	0,000	0,0000	-100
7/11/2011	20:00	21,90	94,40	0,000	0,254	0,0000	-77
7/11/2011	21:00	22,57	91,20	0,000	0,000	0,0000	-124
7/11/2011	22:00	22,91	90,20	0,000	0,000	0,0000	-139
7/11/2011	23:00	22,65	90,60	0,000	0,000	0,0000	-133

Fonte: UNESP (2011)

Dados Climáticos Médios Horários do Município de Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011, entre as 0 hora e 23 horas do dia 09 de novembro de 2011. Valores utilizados como fonte para as comparações no trabalho.

Data	Hora	Temperatura	Umidade Relativa	Radiação Global	Precipitação	Evapotranspiração Penman Monteith	Ψ
-	-	°C	%	MJ/m ² .dia	mm	mm	Atm
8/11/2011	00:00	22,37	90,60	0,000	0,000	0,0000	-133
8/11/2011	01:00	22,00	93,50	0,000	0,000	0,0000	-90
8/11/2011	02:00	22,06	94,40	0,000	0,000	0,0000	-77
8/11/2011	03:00	22,18	92,60	0,000	0,000	0,0000	-103
8/11/2011	04:00	21,51	88,90	0,000	0,000	0,0000	-158
8/11/2011	05:00	20,82	90,30	0,000	0,000	0,0000	-136
8/11/2011	06:00	20,49	91,80	0,015	0,000	0,0000	-114
8/11/2011	07:00	22,08	87,50	0,451	0,000	0,0040	-179
8/11/2011	08:00	23,56	83,00	1,261	0,000	0,1730	-251
8/11/2011	09:00	24,54	79,19	2,078	0,000	0,3320	-316
8/11/2011	10:00	25,54	75,10	2,789	0,000	0,5200	-389
8/11/2011	11:00	27,30	68,99	3,300	0,000	0,6650	-507
8/11/2011	12:00	28,10	63,10	2,953	0,000	0,7410	-631
8/11/2011	13:00	29,01	55,48	3,630	0,000	0,7890	-810
8/11/2011	14:00	29,79	47,27	3,430	0,000	0,7830	-1033
8/11/2011	15:00	30,36	47,08	3,008	0,000	0,6910	-1040
8/11/2011	16:00	30,69	46,46	2,345	0,000	0,5380	-1059
8/11/2011	17:00	30,81	46,59	1,549	0,000	0,3240	-1056
8/11/2011	18:00	30,16	49,69	0,705	0,000	0,1160	-965
8/11/2011	19:00	28,17	55,91	0,084	0,000	0,0000	-797
8/11/2011	20:00	26,98	60,99	0,000	0,000	0,0140	-675
8/11/2011	21:00	26,44	62,46	0,000	0,000	0,0240	-641
8/11/2011	22:00	25,89	66,54	0,000	0,000	0,0200	-554
8/11/2011	23:00	25,91	66,18	0,000	0,000	0,0320	-562

Fonte: UNESP (2011)

Dados Climáticos Médios Horários do Município de Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011, entre as 0 hora e 23 horas do dia 09 de novembro de 2011. Valores utilizados como fonte para as comparações no trabalho.

Data	Hora	Temperatura	Umidade Relativa	Radiação Global	Precipitação	Evapotranspiração Penman Monteith	Ψ
-	-	°C	%	MJ/m ² .dia	mm	mm	Atm
9/11/2011	00:00	25,36	66,72	0,000	0,000	0,0260	-549
9/11/2011	01:00	24,82	68,52	0,000	0,000	0,0170	-512
9/11/2011	02:00	24,47	69,23	0,000	0,000	0,0240	-498
9/11/2011	03:00	23,78	74,31	0,000	0,000	0,0030	-401
9/11/2011	04:00	23,36	79,36	0,000	0,000	0,0060	-312
9/11/2011	05:00	23,22	78,83	0,000	0,000	0,0150	-321
9/11/2011	06:00	22,83	82,00	0,016	0,000	0,0000	-267
9/11/2011	07:00	23,38	81,80	0,449	0,000	0,0260	-271
9/11/2011	08:00	24,49	78,14	1,266	0,000	0,1890	-334
9/11/2011	09:00	25,48	73,77	2,089	0,000	0,3440	-413
9/11/2011	10:00	27,01	67,66	2,795	0,000	0,5450	-533
9/11/2011	11:00	28,31	62,80	3,307	0,000	0,6840	-638
9/11/2011	12:00	29,18	59,83	2,950	0,000	0,7690	-706
9/11/2011	13:00	29,77	58,01	3,617	0,000	0,7960	-750
9/11/2011	14:00	30,31	54,72	3,449	0,000	0,7770	-832
9/11/2011	15:00	30,87	50,25	3,023	0,000	0,7020	-952
9/11/2011	16:00	31,14	49,05	2,375	0,000	0,5540	-986
9/11/2011	17:00	31,16	48,33	1,585	0,000	0,3600	-1006
9/11/2011	18:00	30,73	48,87	0,736	0,000	0,1460	-990
9/11/2011	19:00	29,31	51,99	0,094	0,000	0,0330	-900
9/11/2011	20:00	28,46	54,02	0,000	0,000	0,0260	-845
9/11/2011	21:00	28,06	55,51	0,000	0,000	0,0330	-806
9/11/2011	22:00	27,48	59,00	0,000	0,000	0,0250	-722
9/11/2011	23:00	26,30	65,16	0,000	0,000	0,0080	-583

Fonte: UNESP (2011)

Dados Climáticos Médios Horários do Município de Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011, entre as 0 hora e 23 horas do dia 10 de novembro de 2011. Valores utilizados como fonte para as comparações no trabalho.

Data	Hora	Temperatura	Umidade Relativa	Radiação Global	Precipitação	Evapotranspiração Penman Monteith	Ψ
-	-	°C	%	MJ/m ² .dia	mm	mm	Atm
10/11/2011	00:00	25,37	70,88	0,000	0,000	0,0080	-467
10/11/2011	01:00	24,74	81,00	0,000	0,000	0,0020	-286
10/11/2011	02:00	24,67	77,73	0,000	0,000	0,0160	-341
10/11/2011	03:00	24,37	77,42	0,000	0,000	0,0170	-346
10/11/2011	04:00	23,93	80,20	0,000	0,000	0,0100	-298
10/11/2011	05:00	23,54	82,90	0,000	0,000	0,0060	-253
10/11/2011	06:00	23,32	84,00	0,016	0,000	0,0000	-235
10/11/2011	07:00	24,35	79,23	0,487	0,000	0,0270	-315
10/11/2011	08:00	25,77	74,89	1,302	0,000	0,1980	-393
10/11/2011	09:00	26,85	71,17	2,105	0,000	0,3500	-464
10/11/2011	10:00	28,24	66,75	2,798	0,000	0,5550	-554
10/11/2011	11:00	29,53	63,02	3,330	0,000	0,7010	-636
10/11/2011	12:00	30,50	59,14	2,955	0,000	0,7650	-726
10/11/2011	13:00	31,67	53,60	3,692	0,000	0,8200	-865
10/11/2011	14:00	32,23	46,83	3,403	0,000	0,7950	-1054
10/11/2011	15:00	32,72	44,23	2,977	0,000	0,7140	-1135
10/11/2011	16:00	32,93	44,19	2,344	0,000	0,5540	-1137
10/11/2011	17:00	32,78	45,31	1,327	0,000	0,2850	-1102
10/11/2011	18:00	31,60	51,57	0,452	0,000	0,0380	-918
10/11/2011	19:00	29,25	58,42	0,052	0,000	0,0000	-739
10/11/2011	20:00	27,76	62,82	0,000	0,000	0,0120	-636
10/11/2011	21:00	28,10	59,90	0,000	0,000	0,0110	-702
10/11/2011	22:00	27,31	62,61	0,000	0,000	0,0000	-640
10/11/2011	23:00	27,72	59,26	0,000	0,000	0,0190	-716

Fonte: UNESP (2011)

Dados Climáticos Médios Horários do Município de Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011, entre as 0 hora e 23 horas do dia 11 de novembro de 2011. Valores utilizados como fonte para as comparações no trabalho.

Data	Hora	Temperatura	Umidade Relativa	Radiação Global	Precipitação	Evapotranspiração Penman Monteith	Ψ
-	-	°C	%	MJ/m ² .dia	mm	mm	Atm
11/11/2011	00:00	25,88	67,82	0,000	0,000	0,0050	-528
11/11/2011	01:00	25,71	72,59	0,000	0,000	0,0000	-435
11/11/2011	02:00	23,89	80,40	0,000	0,000	0,0000	-295
11/11/2011	03:00	22,79	87,50	0,000	0,000	0,0000	-180
11/11/2011	04:00	23,15	83,10	0,000	0,000	0,0000	-250
11/11/2011	05:00	23,21	81,60	0,000	0,000	0,0000	-274
11/11/2011	06:00	23,13	82,60	0,018	0,000	0,0000	-258
11/11/2011	07:00	25,42	73,91	0,480	0,000	0,0120	-411
11/11/2011	08:00	27,51	69,28	1,304	0,000	0,2020	-502
11/11/2011	09:00	29,01	65,71	2,134	0,000	0,3660	-577
11/11/2011	10:00	30,36	61,58	2,744	0,000	0,5780	-669
11/11/2011	11:00	31,59	56,10	2,988	0,000	0,6620	-801
11/11/2011	12:00	32,59	49,93	2,527	0,000	0,7110	-966
11/11/2011	13:00	33,24	45,61	2,576	0,000	0,5980	-1094
11/11/2011	14:00	33,74	43,54	2,693	0,000	0,6210	-1161
11/11/2011	15:00	34,51	40,75	2,686	0,000	0,6150	-1256
11/11/2011	16:00	34,78	40,53	2,364	0,000	0,5230	-1265
11/11/2011	17:00	34,30	40,13	1,402	0,000	0,3120	-1277
11/11/2011	18:00	32,39	46,33	0,736	0,000	0,2160	-1069
11/11/2011	19:00	30,96	49,56	0,047	0,000	0,0490	-971
11/11/2011	20:00	29,94	50,18	0,000	0,000	0,0360	-951
11/11/2011	21:00	29,37	50,84	0,000	0,000	0,0440	-931
11/11/2011	22:00	29,14	48,91	0,000	0,000	0,0390	-983
11/11/2011	23:00	27,98	52,88	0,000	0,000	0,0000	-873

Fonte: UNESP (2011)

Dados Climáticos Médios Horários do Município de Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011, entre as 0 hora e 23 horas do dia 12 de novembro de 2011. Valores utilizados como fonte para as comparações no trabalho.

Data	Hora	Temperatura	Umidade Relativa	Radiação Global	Precipitação	Evapotranspiração Penman Monteith	Ψ
-	-	°C	%	MJ/m ² .dia	mm	mm	Atm
12/11/2011	00:00	27,03	59,89	0,000	0,000	0,0000	-700
12/11/2011	01:00	25,53	69,88	0,000	0,000	0,0000	-487
12/11/2011	02:00	26,95	63,90	0,000	0,000	0,0450	-611
12/11/2011	03:00	25,69	69,37	0,000	0,000	0,0500	-497
12/11/2011	04:00	25,13	70,66	0,000	0,000	0,0480	-471
12/11/2011	05:00	24,42	73,96	0,000	0,000	0,0370	-408
12/11/2011	06:00	23,99	76,66	0,016	0,000	0,0250	-359
12/11/2011	07:00	24,46	75,71	0,295	0,000	0,0390	-377
12/11/2011	08:00	26,26	69,77	1,241	0,000	0,2050	-490
12/11/2011	09:00	28,16	62,64	2,047	0,000	0,3780	-641
12/11/2011	10:00	30,19	56,47	2,769	0,000	0,5960	-789
12/11/2011	11:00	31,93	51,74	3,288	0,000	0,7500	-914
12/11/2011	12:00	33,03	47,72	2,909	0,000	0,8360	-1030
12/11/2011	13:00	34,23	44,67	3,611	0,000	0,8700	-1127
12/11/2011	14:00	35,08	39,08	3,486	0,000	0,8310	-1317
12/11/2011	15:00	35,32	36,89	2,881	0,000	0,6950	-1399
12/11/2011	16:00	35,69	35,80	2,362	0,000	0,5250	-1443
12/11/2011	17:00	35,31	37,56	1,563	0,000	0,3370	-1374
12/11/2011	18:00	33,78	42,77	0,745	0,000	0,1810	-1186
12/11/2011	19:00	31,99	47,31	0,059	0,000	0,0440	-1039
12/11/2011	20:00	31,31	49,67	0,000	0,000	0,0480	-969
12/11/2011	21:00	30,90	52,04	0,000	0,000	0,0610	-903
12/11/2011	22:00	29,91	56,98	0,000	0,000	0,0500	-775
12/11/2011	23:00	29,77	54,59	0,000	0,000	0,0390	-834

Fonte: UNESP (2011)

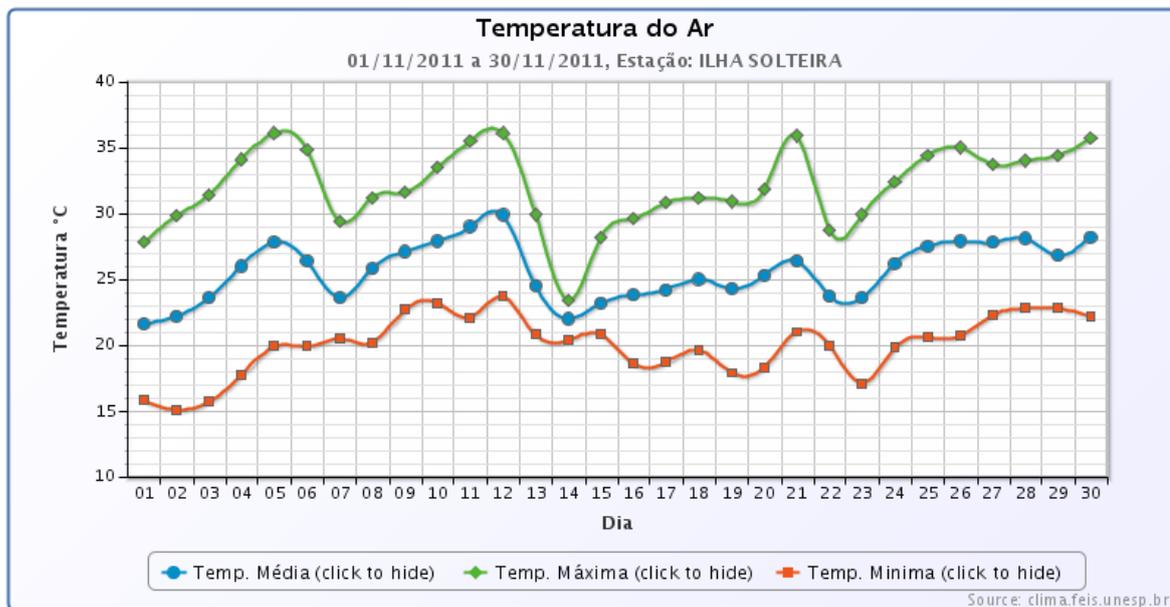
ANEXO B – Dados climáticos do Município de Ilha Solteira/SP em novembro de 2011

Dados Climáticos do Município de Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011.

Dia	TEMPERATURA °C			UMIDADE RELATIVA DO AR %			Pressão Atm	Rad. Global	Rad. Líquida	Flx de calor	PAR	Ev-TCA	Eto PN-M	Eto-TCA	Velocidade do vento (m/s)		Direção vento	Chuva	Insolação
	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima									kPa	MJ/m2.dia			
01-11-2011	21.6	27.8	15.8	60.8	86.9	34.3	97.6	28.3	15.4	-0.1	646.3	9.5	6.0	6.3	8.8	3.2	122.8	0.0	12.8
02-11-2011	22.2	29.8	15.1	59.3	75.2	39.6	97.6	27.0	14.6	0.1	619.6	8.6	5.9	5.8	7.3	2.5	117.5	0.0	11.9
03-11-2011	23.6	31.4	15.7	56.5	76.3	35.1	97.6	28.1	15.2	0.1	641.1	9.1	6.2	6.2	7.7	2.2	116.0	0.0	12.7
04-11-2011	26.0	34.1	17.7	57.2	82.8	34.0	97.4	27.9	15.5	0.1	639.3	9.6	6.3	6.7	7.3	1.9	113.4	0.0	12.5
05-11-2011	27.8	36.1	19.9	52.7	81.8	31.7	97.3	25.3	15.1	0.1	585.6	9.9	6.2	6.9	6.7	1.8	78.1	0.0	10.8
06-11-2011	26.4	34.8	19.9	64.9	99.0	33.0	97.3	24.7	15.1	0.1	578.0	8.8	5.6	6.4	7.8	1.4	103.7	36.3	10.4
07-11-2011	23.6	29.4	20.5	84.8	98.0	55.7	97.3	22.5	12.5	0.0	535.8	4.9	4.7	3.6	6.6	1.8	46.0	5.3	8.9
08-11-2011	25.8	31.2	20.2	70.0	95.3	43.1	97.1	27.6	16.8	-0.1	650.9	8.1	5.8	5.9	5.7	1.7	54.8	0.0	13.4
09-11-2011	27.1	31.6	22.7	64.3	83.8	46.0	97.1	27.8	16.6	0.0	653.8	9.4	6.3	6.6	6.8	2.3	53.8	0.0	12.5
10-11-2011	27.9	33.5	23.2	64.8	85.1	40.6	97.1	27.2	16.4	0.0	644.8	8.5	6.3	6.1	5.8	1.7	49.6	0.0	12.2
11-11-2011	29.0	35.5	22.1	59.7	89.2	36.6	97.2	24.7	14.5	0.0	580.7	8.6	5.7	6.3	6.0	1.1	70.5	0.0	10.5
12-11-2011	29.9	36.1	23.7	56.1	81.8	32.7	97.1	27.3	17.1	0.0	640.4	10.2	7.0	7.0	6.7	2.3	88.0	0.0	12.2
13-11-2011	24.5	29.9	20.8	83.5	98.2	60.3	97.1	12.2	5.5	0.0	291.7	3.0	3.2	2.2	7.8	2.1	90.6	38.9	1.9
14-11-2011	22.0	23.4	20.4	94.3	100.0	86.8	96.9	2.7	-1.6	0.1	72.7	0.6	1.0	0.4	7.5	2.3	80.1	30.5	0.0
15-11-2011	23.2	28.2	20.8	85.4	100.0	58.7	96.8	17.2	8.9	0.0	403.4	4.5	3.8	3.3	6.3	2.0	258.6	11.9	5.3
16-11-2011	23.8	29.6	18.6	75.8	97.6	47.2	97.1	26.2	15.3	0.0	607.6	6.6	5.1	4.9	5.0	1.1	214.3	0.0	11.5
17-11-2011	24.2	30.8	18.7	69.6	89.8	42.2	97.2	28.4	16.6	-0.1	658.6	8.0	5.9	5.8	5.8	1.7	123.9	0.0	13.1
18-11-2011	25.0	31.2	19.6	58.1	79.4	36.9	97.2	28.0	15.8	-0.1	655.7	9.5	6.3	6.5	6.8	2.2	120.4	0.0	12.8
19-11-2011	24.3	30.9	17.9	51.9	77.0	31.1	97.3	29.0	15.6	-0.1	667.5	9.5	6.5	6.4	6.8	2.3	126.3	0.0	13.6
20-11-2011	25.3	31.8	18.3	60.1	86.2	39.4	97.1	28.0	15.5	0.0	645.8	9.1	6.1	6.4	7.3	2.1	110.0	0.0	12.9
21-11-2011	26.4	35.9	21.0	69.9	94.3	39.6	96.9	22.4	13.2	0.0	527.2	6.6	5.3	4.8	12.2	1.3	36.8	4.1	9.0
22-11-2011	23.7	28.7	19.9	83.3	100.0	63.9	97.0	18.8	8.7	0.0	441.9	5.5	4.0	4.0	7.4	2.5	240.2	47.2	6.4
23-11-2011	23.6	29.9	17.1	71.2	98.8	48.2	97.2	28.3	16.1	-0.2	657.0	7.1	5.4	5.4	4.3	0.8	237.5	0.0	13.1
24-11-2011	26.2	32.4	19.8	66.5	99.5	37.8	97.2	26.9	15.4	-0.2	621.0	7.7	5.5	5.8	5.2	0.9	238.5	0.0	12.2
25-11-2011	27.5	34.4	20.6	61.5	98.7	28.6	97.0	27.9	16.5	-0.1	637.4	8.4	5.8	6.3	3.8	0.6	88.7	0.0	12.8
26-11-2011	27.9	35.0	20.7	58.5	90.4	29.6	97.0	26.4	16.1	-0.1	603.9	8.4	5.7	6.2	4.1	0.8	143.3	0.0	11.8
27-11-2011	27.8	33.7	22.3	64.9	87.0	42.7	97.0	26.9	16.2	-0.1	620.1	9.3	6.4	6.6	6.5	2.2	74.5	0.0	12.2
28-11-2011	28.1	34.0	22.8	63.9	89.6	34.1	97.0	22.6	12.8	0.0	528.4	7.0	5.3	5.1	4.6	1.2	104.5	0.0	9.2
29-11-2011	26.8	34.4	22.8	69.1	88.2	35.7	96.9	24.4	15.2	-0.1	577.5	7.7	5.8	5.5	7.9	1.6	100.0	3.6	10.4
30-11-2011	28.2	35.7	22.2	67.4	92.8	40.4	96.8	28.2	17.6	-0.1	664.8	7.9	6.3	5.9	5.2	1.1	39.0	0.0	11.0
TOTAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.8	17298.5	231.6	165.4	165.3	-	-	-	177.8	320.0
MEDIA	25.6	32.0	20.0	66.9	90.1	42.2	97.1	24.8	14.1	0.0	576.6	7.7	5.5	5.5	6.6	1.8	114.7	5.9	10.7
D.P.	2.2	3.0	2.3	10.6	8.0	12.4	0.2	5.6	4.0	0.1	127.9	2.2	1.2	1.5	1.6	0.6	62.8	13.3	3.3
V.MIN.	21.6	23.4	15.1	51.9	75.2	28.6	96.8	2.7	-1.6	-0.2	72.7	0.6	1.0	0.4	3.8	0.6	36.8	0.0	0.0
V.MAX.	29.9	36.1	23.7	94.3	100.0	86.8	97.6	29.0	17.6	0.1	667.5	10.2	7.0	7.0	12.2	3.2	258.6	47.2	13.6
D.Ch.	8	D.Ch.Agr.	5	Grafico															
D.P.= Desvio Padrão; VAR. = Variância; D.Ch = Dias de Chuva > 0 mm. ; D.Ch.Agr. = Dias de Chuva para agricultura >= 10 mm; V.MIN = Valor Mínimo.																			
N = Número de horas de brilho do sol; Eto_TCA e Eto_PN-M = Evapotranspiração por Tanque Classe A e por Penman_Monteith																			
Correio eletrônico irriga@agr.feis.unesp.br																			

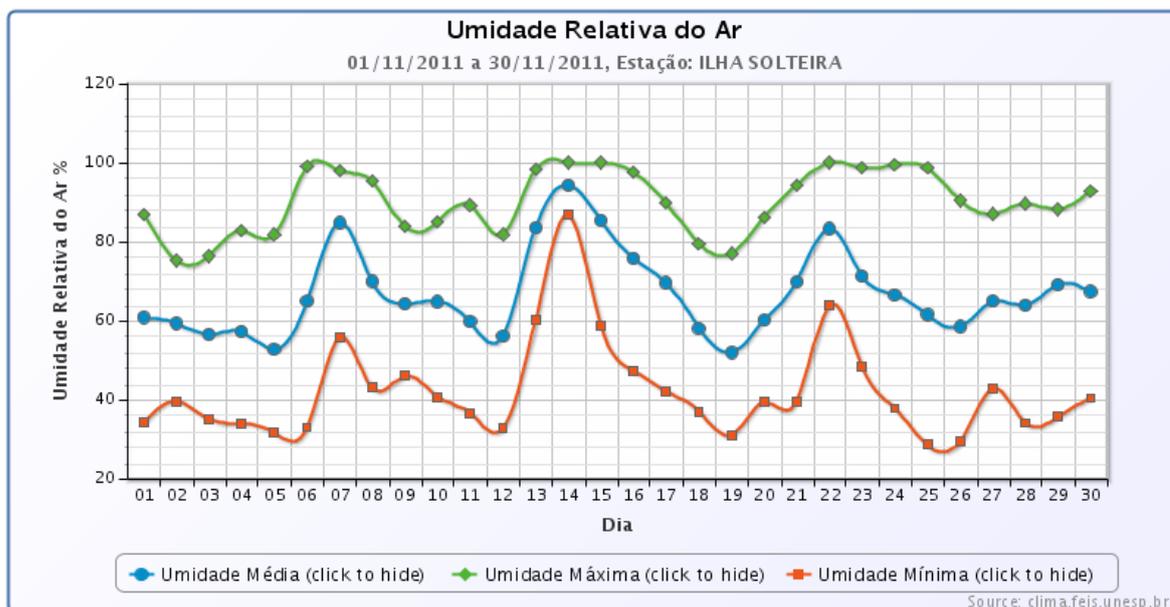
Fonte: UNESP (2011)

Figura da temperatura do ar em Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011.



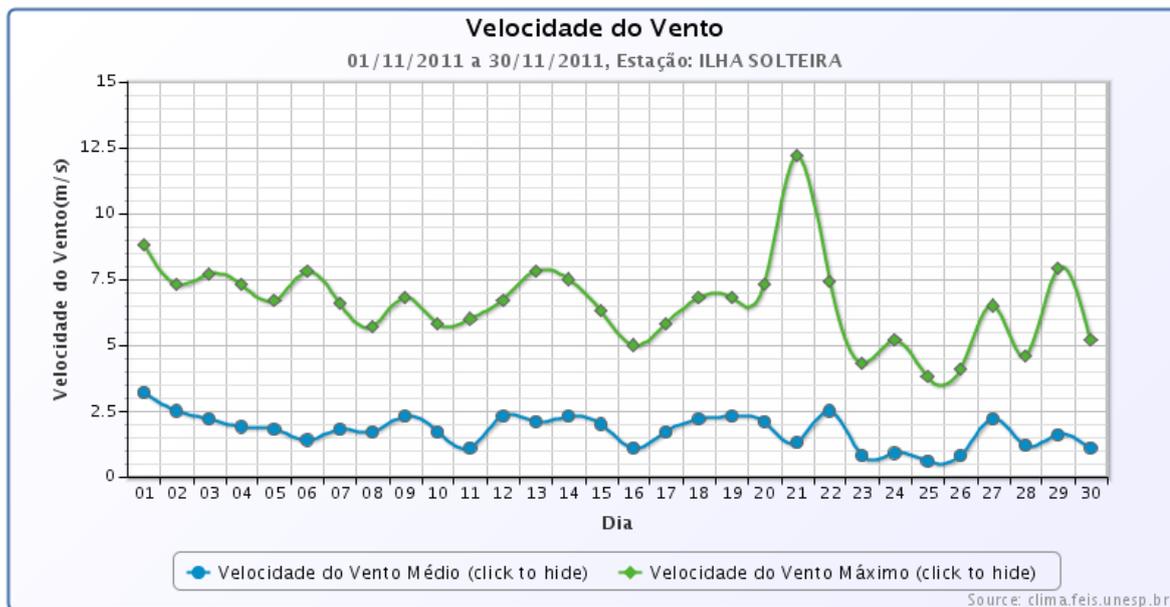
Fonte: UNESP (2011)

Figura da umidade relativa do ar em Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011.



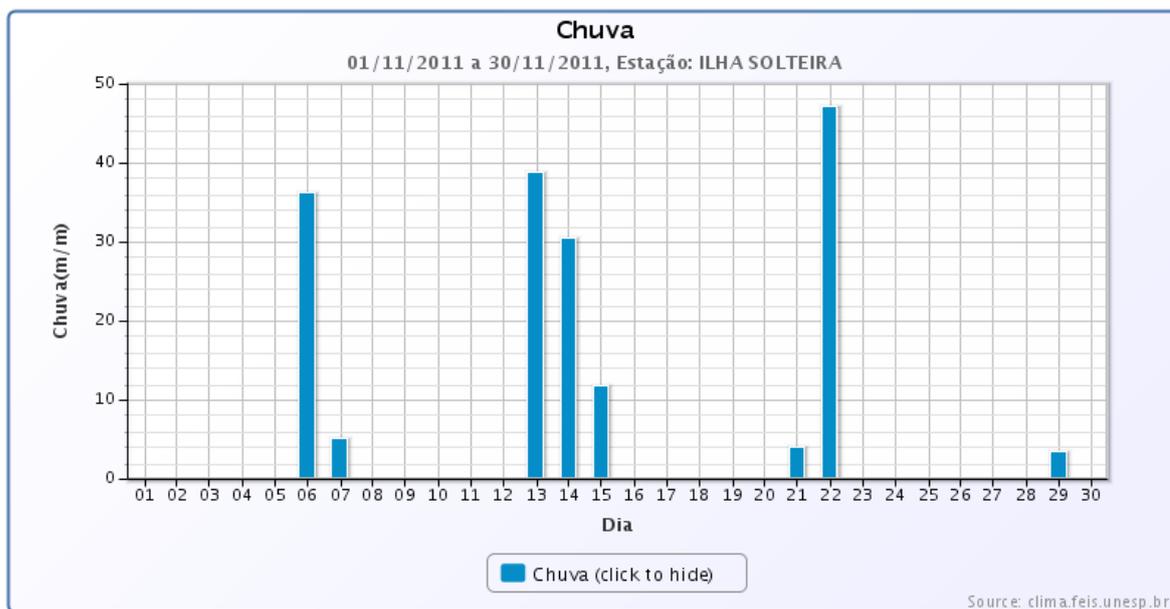
Fonte: UNESP (2011)

Figura da velocidade do vento de Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011.



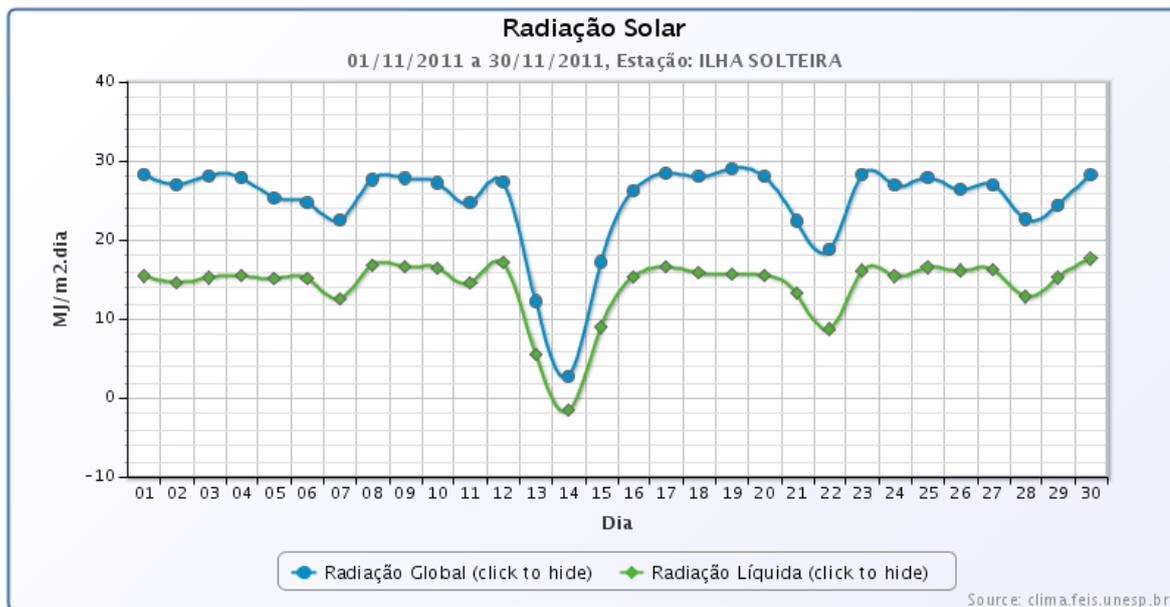
Fonte: UNESP (2011)

Figura da chuva em Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011.



Fonte: UNESP (2011)

Figura da radiação solar em Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011.



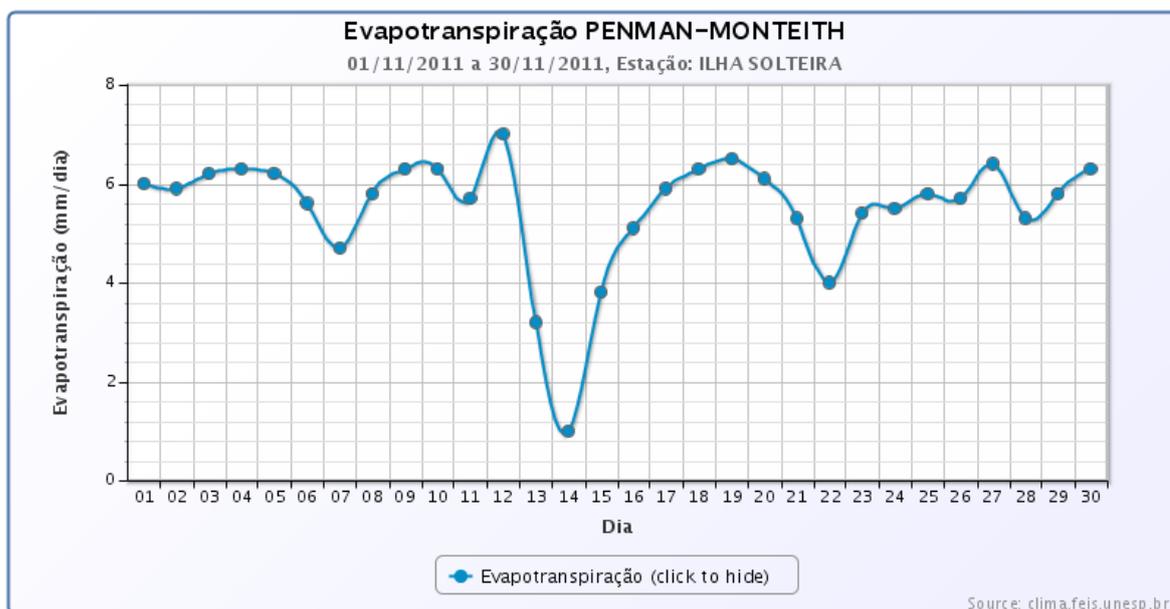
Fonte: UNESP (2011)

Figura da insolação em Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011.



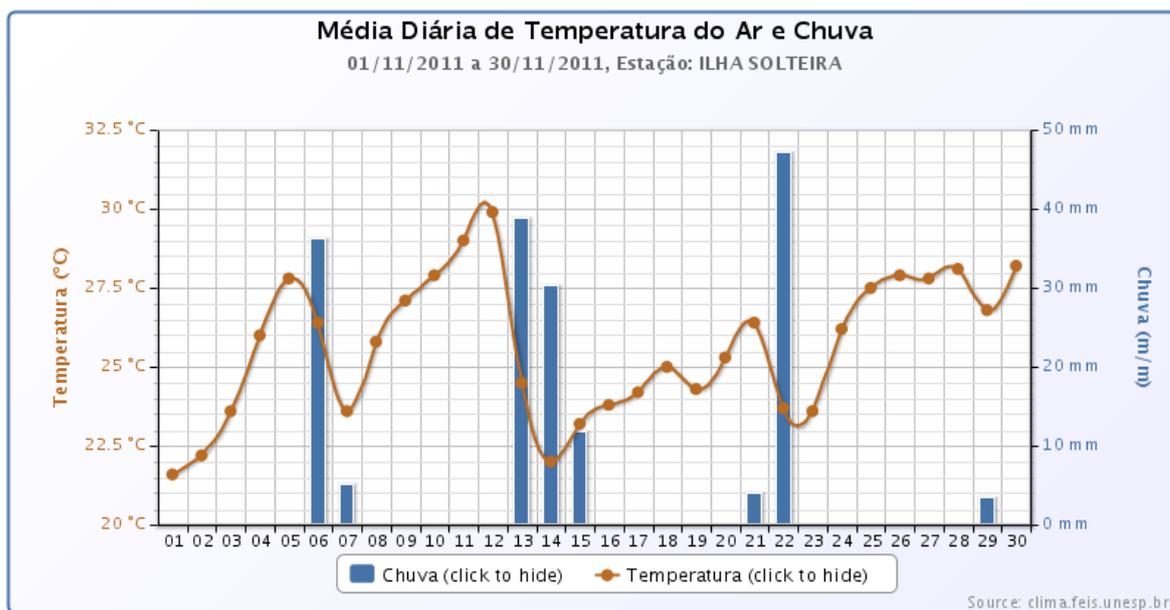
Fonte: UNESP (2011)

Figura da evapotranspiração Penman-monteith em Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011.



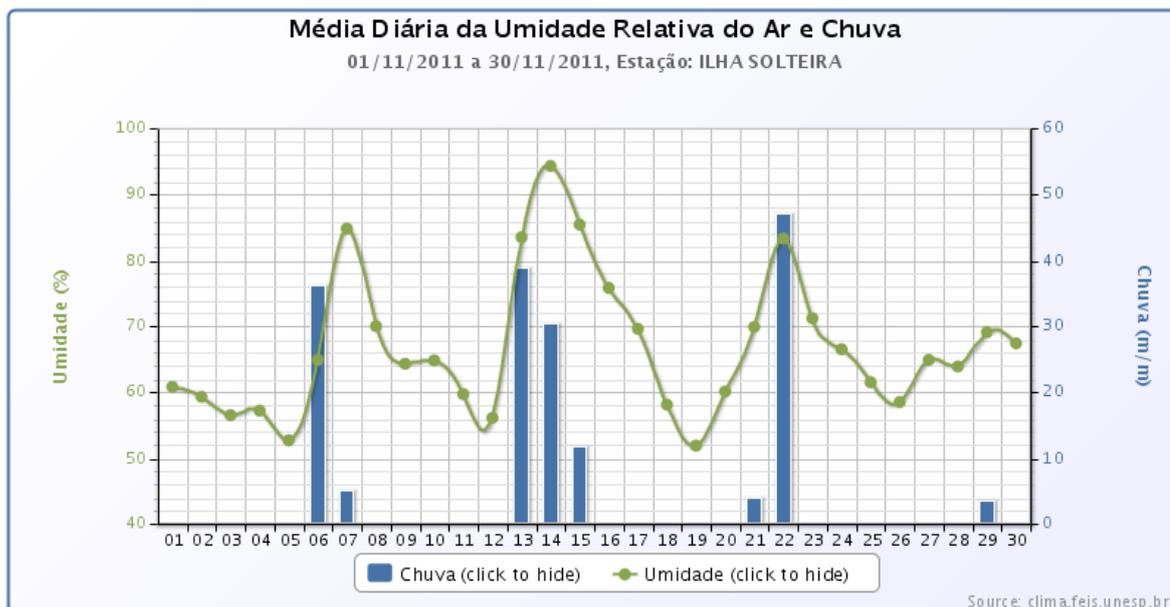
Fonte: UNESP (2011)

Figura da média diária de temperatura do ar e chuva em Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011.



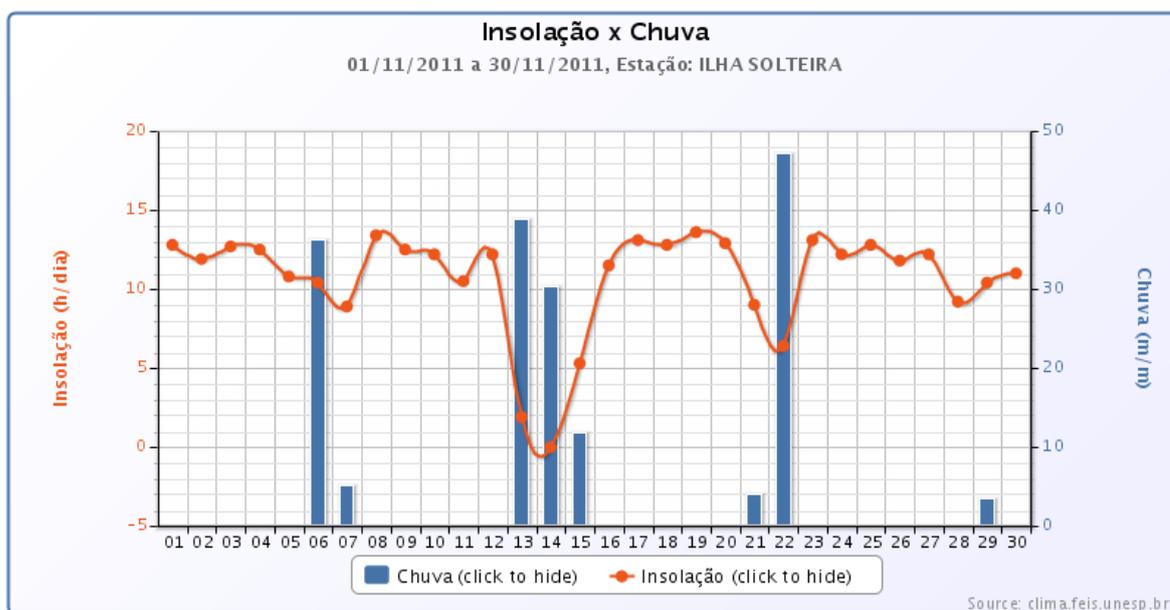
Fonte: UNESP (2011)

Figura da média diária da umidade relativa do ar e chuva em Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011.



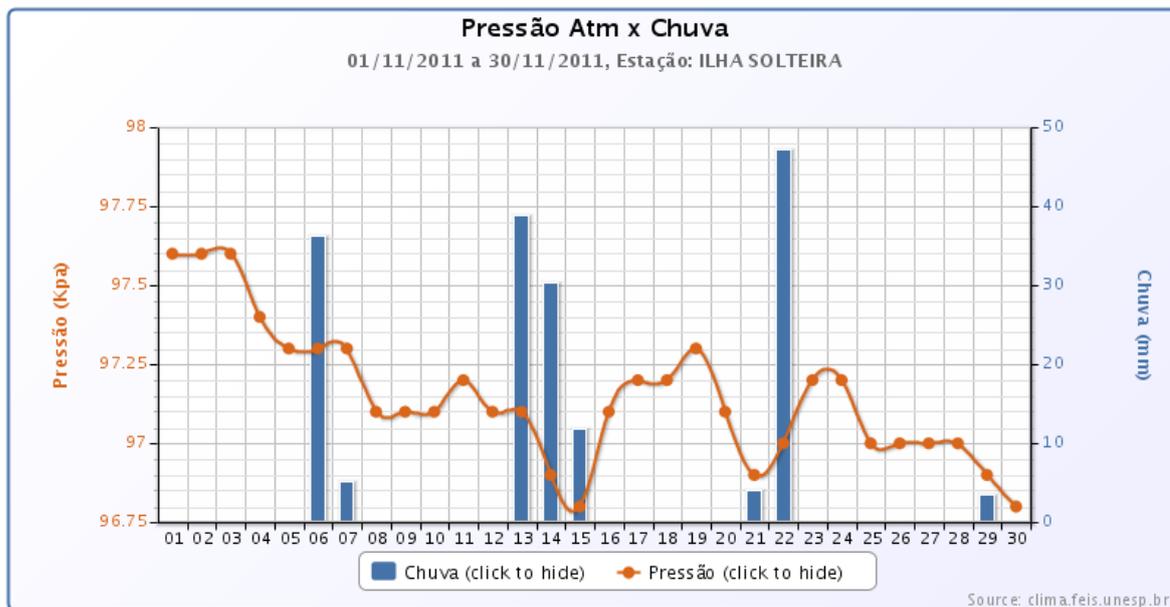
Fonte: UNESP (2011)

Figura da insolação x chuva em Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011.



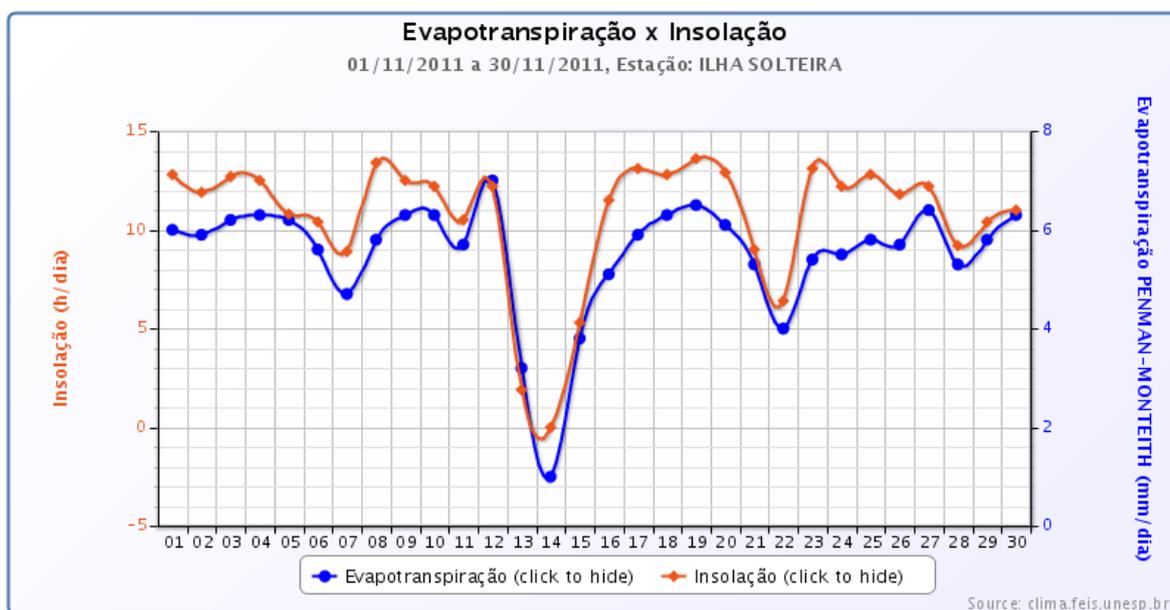
Fonte: UNESP (2011)

Figura da pressão atm x chuva em Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011.



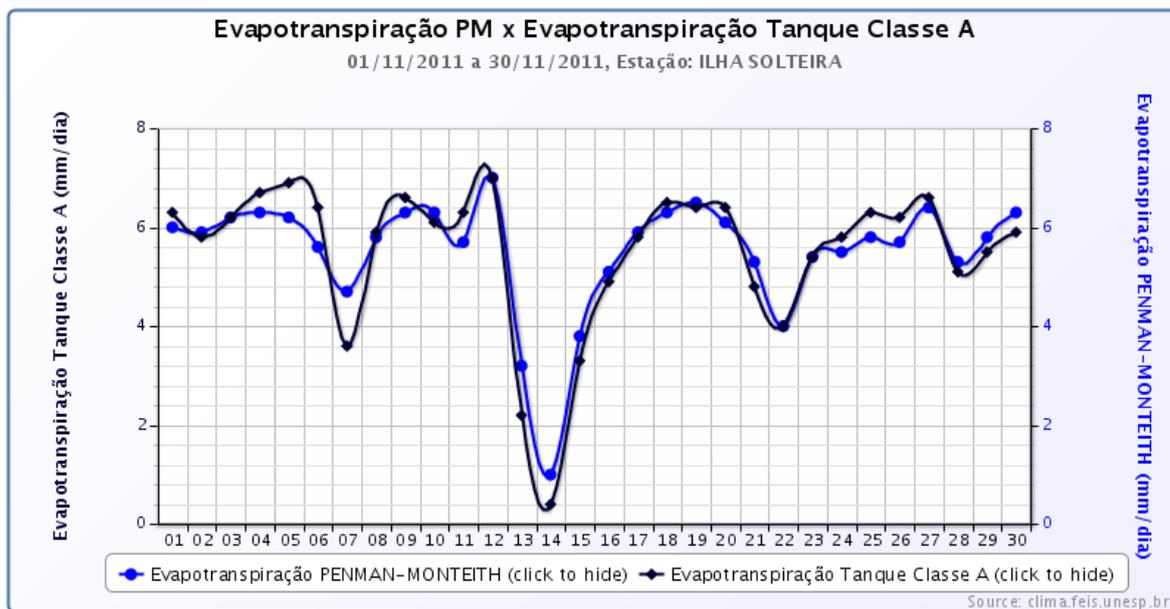
Fonte: UNESP (2011)

Figura da evapotranspiração x insolação em Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011.



Fonte: UNESP (2011)

Figura da evapotranspiração PM x evapotranspiração Tanque Classe A em Ilha Solteira/SP, para o mês de novembro de 2011.



Fonte: UNESP (2011)