

Tema 11 – Radiação Solar y Clima

DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE DE GESTÃO DE DADOS DE RADIAÇÃO SOLAR

Calca M. V. C.¹, Dal Pai A.², Padovani C. R. P.³, Raniero M. R.⁴
Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP Botucatu – Fazenda Experimental Lageado
Departamento de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia
Rua José Barbosa de Barros, 1780 – CP 237. Botucatu – SP. CEP 18610-307.
Tel. (14) 3880-7162. E-mail: secdbb@fca.unesp.br

RESUMO: No início da década de 2010 devido ao grande avanço no desenvolvimento tecnológico de sensores e sistemas de medidas a Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP de Botucatu (FCA-UNESP) teve de atualizar seu equipamento de medidas das componentes solares para uma versão mais moderna. Esta atualização impactou diretamente na mudança dos protocolos de programação, gerando, a partir de então, dois arquivos de formatos diferentes, dificultando seu gerenciamento.

Foi proposto, portanto, o desenvolvimento de um software contendo rotinas responsáveis por fazer a coleta automatizada dos dados, bem como a estocagem e controle de qualidade, automaticamente em uma base de dados relacional. Responsável também pela recuperação de informações a partir de um ambiente gráfico de manipulação dos dados.

O software pode ser utilizado e adaptado por qualquer instituição de ensino que trabalhe com medidas de componentes solares possibilitando o gerenciamento no processo de trabalho e padronização no arquivo de apresentação dos dados.

Palavras chave: Energia Solar, Software Livre, Banco de Dados.

INTRODUÇÃO

A constatação das mudanças climáticas globais tem impacto significativo na sociedade moderna. O estudo dos fenômenos meteorológicos tem ganhado importância notória devido a tomada de decisões a partir da análise de evidências científicas e estabelecimento de políticas públicas, em virtude de se analisar grandes bases de dados de parâmetros meteorológicos. Tais atividades tornam necessário o uso de ferramentas modernas de análise estatística e probabilística com elevado investimento financeiro. Portanto é imperativo a construção e validação de modelos para previsão de eventos meteorológicos futuros, no sentido de minimização de seus impactos.

A radiação solar tem impacto direto na geração de energia. Ao atingir a superfície da terra se torna um atraente recurso para atender demandas energéticas renováveis em escala mundial. Por ser considerada uma energia limpa e de baixo custo, pode-se utiliza-la como uma alternativa viável na geração de potência mecânica ou elétrica, assim como, no aquecimento de fluídos ou de ambientes, processo conhecido como aquecimento solar passivo onde é utilizado concentradores e coletores solares.

Uma aplicação que utiliza a energia solar deve constituir primeiramente de um estudo dos dados coletados em campo, para que seja possível definir sua viabilidade e seus possível resultados. Realizar a coleta de dados de radiação solar não é uma tarefa fácil, em consequência das incertezas e erros causados pelos instrumentos. O controle de qualidade é essencial para a integridade de dados em projetos ou pesquisas.

Com o elevado desenvolvimento da tecnologia na área ambiental encontra-se uma maior oferta de sensores e sistemas de monitoramento automático, gerando diretamente, em casos de utilização, um aumento na quantidade de dados medidos. Na área de radiometria solar o desenvolvimento das termo-

pilhas e dos sensores quânticos tem popularizado a medida das componentes solares, principalmente administradas por *dataloggers* (sistema automatizado de medidas). Os sensores são conectados diretamente ao sistema de aquisição de dados que faz a leitura em intervalos de tempo preestabelecidos em sua programação, enviando para um terminal os dados de cada componente solar medida.

A Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP de Botucatu (FCA) tem medido as componentes solares desde 1996 com uso do *datalogger* 21-X da Campbell, Sci. No início da década de 2010, o sistema foi atualizado para uma versão mais moderna implicando em uma mudança nos protocolos de programação, que impactaram diretamente no formato de armazenamento dos dados. Neste sentido o banco de dados necessitou ser redimensionado e projetado conforme os novos requisitos, para garantir a execução mais eficiente das tarefas de rotina e padronização no formato de saída das informações.

O cenário apresentado possuía problemas que entravavam o processo de aquisição das informações, como a não existência de padronização nos procedimentos de extração dos dados da estação e na forma de armazenamento e recuperação das informações. Estes problemas tornam inflexível a contribuição de esforços entre equipes de pesquisa devido à ausência de eficiência causada pelo tempo e esforço despendido na coleta de dados.

A proposta foi desenvolver um software livre responsável por coletar os dados a partir de rotinas de importação com correção de erros, inserção em base de dados relacional com controle de qualidade e por fim disponibilização de um ambiente gráfico para gerenciamento das informações. As rotinas para correção de erros, controle de qualidade e criação das partições (instantânea, horária e diária) são executadas de forma automatizada. O software possui filtros permitindo que o usuário selecione qual a partição e componentes que deseja apresentar.

Existem vantagens atreladas a utilização de softwares livres como a redução de custos na aquisição de licenças de software a médio e longo prazo e a possibilidade de adaptar o software a uma situação específica de trabalho, gerando um aumento de produtividade.

Para construir o software proposto foi necessário a utilização de uma linguagem de programação que é responsável por realizar cálculos complexos de forma eficaz, assim como permitir a integração direta do banco de dados com o software. O banco de dados é uma coleção de dados inter-relacionados responsáveis por organizar e armazenar informações de forma eficiente, porém também permite a criação de rotinas executadas automaticamente para tratar informações.

OBJETIVOS

A partir da análise dos requisitos estipulou-se um novo padrão para estocagem dos dados, permitindo a criação de rotinas de recuperação, tratamento e processamento de informações, minimizando a interação humana com os dados das componentes solares. A lista a seguir informa de maneira específica os objetivos específicos deste projeto.

- Conversão dos dados do formato .DAT para o formato padrão do banco de dados MySQL.
- Desenvolvimento de rotinas para recuperação e correção de erros das componentes solares.
- Desenvolvimento de rotinas de consultas no banco de dados MySQL.
- Processamento das irradiâncias (partição instantânea) em irradiações (partições energéticas horaria e diária) através de rotinas automáticas (*triggers*) no banco de dados MySQL.
- Desenvolvimento de rotinas de tratamentos de informações.
- Desenvolvimento de um ambiente gráfico responsável por permitir a gestão das informações.

¹ Graduando do Curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas da Faculdade de Tecnologia de Botucatu

² Prof. Dr. da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP Botucatu

³ Prof. Dr. da Faculdade de Tecnologia de Botucatu

⁴ Graduando do Curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas da Faculdade de Tecnologia de Botucatu

METODOLOGIA

Foram utilizados dados do Laboratório de Radiometria Solar de Botucatu, situado na Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP/Botucatu. O laboratório conta com uma base de dados no formato .DAT desde 1996, com registros das seguintes componentes solares: Radiação global, radiação direta na incidência normal, radiação difusa (métodos da diferença, disco e anel de sombreamento), radiação refletida, radiação global e direta em superfície inclinada, radiação global em superfície vertical, radiações espectrais ultravioleta, fotossinteticamente ativa e infravermelha curta, além das radiações de ondas longas como as radiações terrestre e atmosférica.

O software trabalha em arquitetura cliente-servidor na plataforma *WEB*. É necessário apenas um navegador (*browser*) para acessar as páginas. A base de dados e as páginas do software estão localizadas em um computador chamado de servidor, que é responsável por fornecer aos outros computadores o conteúdo requisitado. Esta arquitetura é considerada bastante segura devido a suas propriedades físicas, onde o ser humano não tem acesso ao conteúdo já que o servidor fica em um local afastado do ambiente de trabalho das pessoas e é protegido para que apenas o técnico possa acessá-lo. Portanto, os computadores que requisitam o software estão conectados a uma rede interna ligada diretamente ao servidor, estes computadores são chamados de cliente, pois são responsáveis por requisitar um serviço do computador central, o servidor. A figura abaixo ilustra o fluxo de funcionamento da arquitetura cliente-servidor descrita.

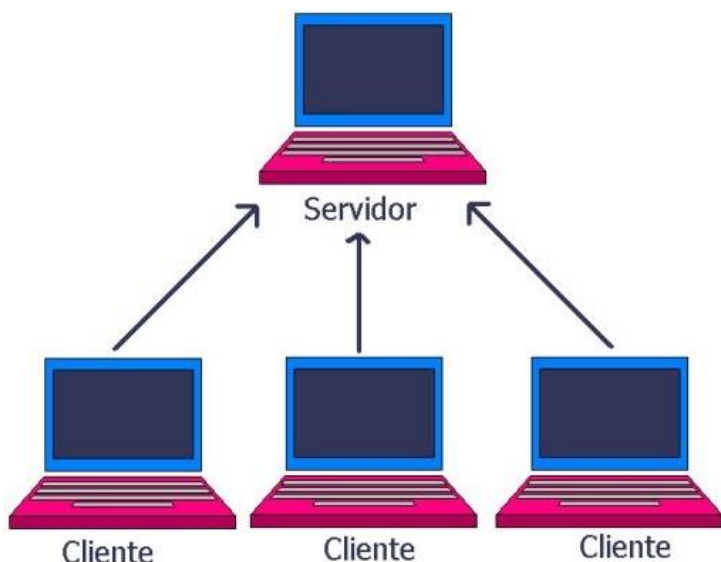


Figura 1 - Arquitetura Cliente-Servidor. Os computadores clientes requisitam o serviço que está localizado no computador servidor.

Devido a flexibilidade de execução das tarefas e centralização de funções foi adotado a divisão do software em módulos codificados de forma separada. A modularização permite o trabalho independente das rotinas, assim como possibilita uma melhor visualização dos códigos a fim da realização de manutenções e adaptações. A descrição a seguir apresenta de forma completa a funcionalidade de cada módulo.

- **Importação:** Realiza a padronização dos dados a partir de rotinas, trabalhando diretamente com o sistema automatizado de medidas (*datalogger*).
- **Controle de Qualidade:** É o módulo responsável pelo tratamento inicial dos dados, possui rotinas de substituição de registros com erros. Também é responsável pela inserção dos dados tratados na base de dados.
- **Integração:** É módulo responsável pela criação das partições Instantânea, Horária e Diária. O processamento é feito diretamente pelo banco de dados a partir de rotinas automáticas (*triggers*).

- **Consulta:** É responsável por realizar a busca de informações a partir de algoritmos de busca otimizada, obtendo um melhor tempo de resposta.
- **Relatórios:** É o módulo responsável por permitir que o usuário selecione as componentes que deseja apresentar no relatório final. Pode-se optar pelas partições Instantânea, Horária e Diária, assim como pelo arquivo bruto sem integração alguma. A seleção das partições ocorre em um período determinado de tempo, especificado pelo usuário a partir do ambiente gráfico.

A imagem abaixo apresenta o fluxo da informação a partir dos módulos e das rotinas do software.

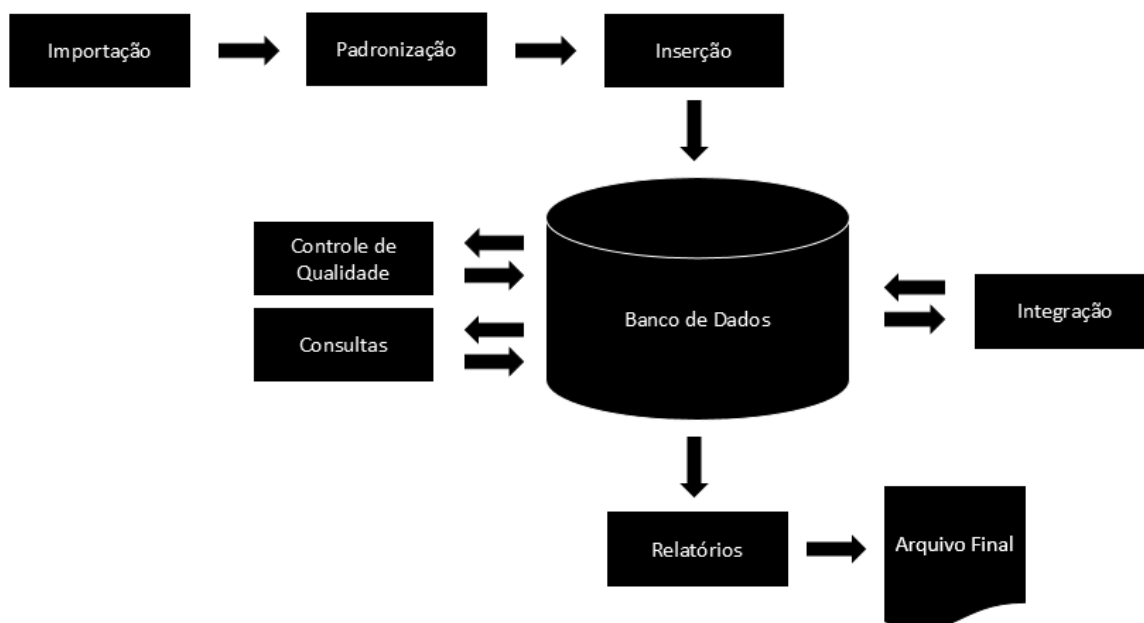


Figura 2 - Fluxograma dos módulos e rotinas do software. Apresenta o fluxo de informações desde a importação até a geração do arquivo final.

Foram utilizados softwares específicos para realizar a construção do software. A base de dados e suas rotinas de processamento foram criada a partir do sistema gerenciador de banco de dados MySQL Workbench 5.2 CE. A codificação dos algoritmos e rotinas foram feitas na linguagem de programação PHP, juntamente com linguagens de estruturação e estilização como HTML5 e CSS3, a partir do ambiente integrado de desenvolvimento Adobe Dreamweaver CS6.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

São muitas as aplicações que podem ser criadas utilizando a energia solar, porém é necessário a análise dos dados para determinar a sua viabilidade. Pesquisadores são responsáveis por coletar e analisar a energia incidente em um determinado local, portanto, o processo de análise se dá através de dados coletados por sensores e gerenciados por sistemas automatizados de medidas.

Em instituições que medem uma quantidade grande de dados, como a instituição sede deste estudo, é imprescindível a utilização de ferramentas modernas para agilizar e organizar os processos. Neste amplo contexto se encaixa a ferramenta de software criada, devido a seu alto nível de qualidade, capacidade de auxiliar pesquisadores, instituições e de trabalhar de forma harmoniosa com outros elementos tecnológicos e humanos no ambiente em que está empregada.

O primeiro requisito desenvolvido foi a criação de uma base de dados relacional responsável por armazenar e permitir a importação dos dados das componentes solares que estão sendo coletadas em campo. Todo o processo de armazenamento e a criação de instruções de geração das partições instantânea, horaria e diária também são executadas através da base de dados relacional e do MySQL que é a ferramenta que permite o gerenciamento do banco de dados. A ilustração abaixo é conhecida por DER (diagrama de entidades e relacionamentos), e representa os dados e suas características.

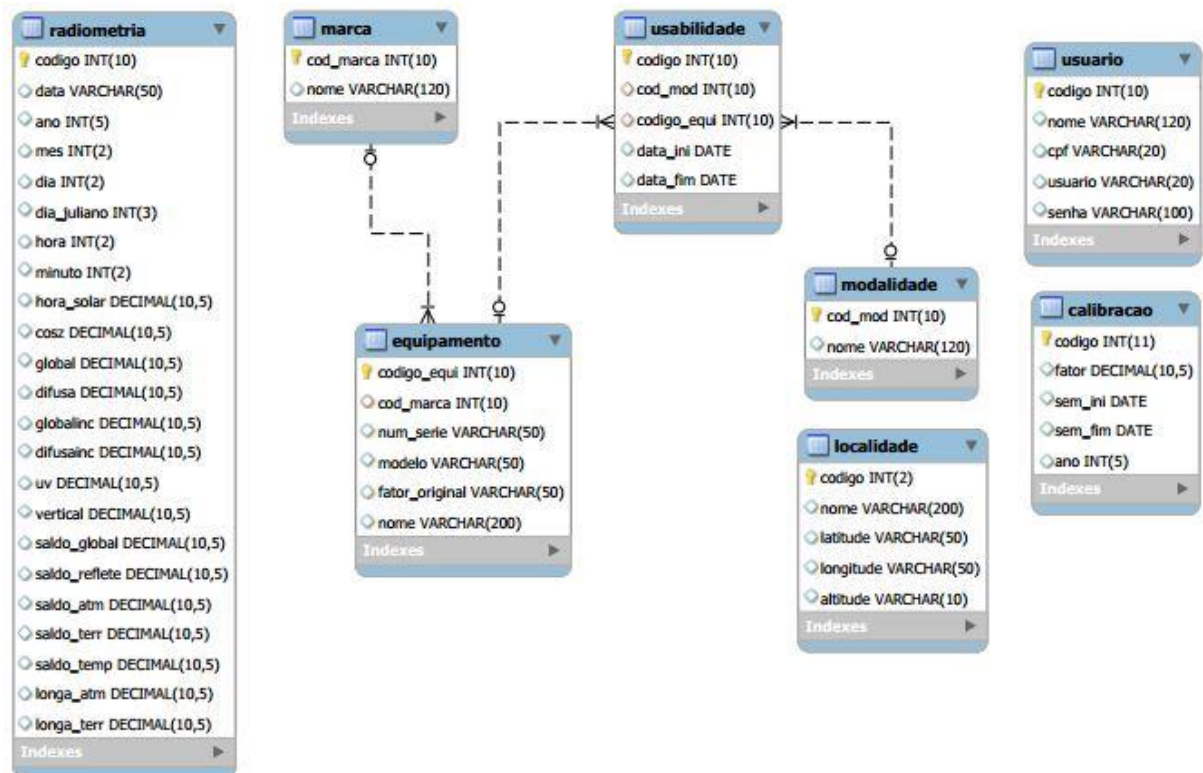


Figura 3 - Diagrama de Entidades e Relacionamentos ilustrando as tabelas (entidades), relacionamentos e características de cada dado que deve ser armazenado, como seu tamanho e sua propriedade.

O esquema apresentado no DER ilustra o tipo de natureza (número inteiro ou texto), o tamanho de armazenamento e o relacionamento entre os dados. A base de dados criada permite além da inserção dos dados das componentes, o armazenamento de informações sobre o equipamento *Datalogger* e os sensores de medidas. É possível também realizar o cadastramento de informações referentes a localização da antena em que estão instalados os equipamentos e sensores e cadastrar as informações sobre a calibração dos equipamentos, permitindo seu aproveitamento em outras tarefas do sistema.

Após a criação do banco de dados, foi necessário realizar a importação dos dados no formato original criado pelo *datalogger* (.DAT) para a base de dados atual. No momento da importação o arquivo com os dados possuía um total de 58.430 linhas, distribuídas em 23 colunas. A importação durou 2,2 segundos, o que se mostrou bastante eficaz com relação a quantidade de dados encontrados no arquivo, a ilustração abaixo apresenta o resultado descrito.

```
59 LOAD DATA LOW_PRIORITY LOCAL INFILE
60 /* 58.430 rows imported in 2,203 seconds. */
```

Figura 4 - Resultado da importação do arquivo de medidas das componentes solares com 58.430 linhas.

Os dados oriundos dos sensores em campo são armazenados no computador servidor pelo *Datalogger*, esta centralização fornece um ambiente mais seguro e controlado e possibilita uma velocidade bastante superior se comparada ao antigo ambiente.

Como descrito anteriormente o usuário que necessitar acessar o software deve utilizar o *browser*, que irá requisitar ao servidor a apresentação do conteúdo, o servidor deve então apresentar as páginas de manipulação dos dados. Um cadastro de informações do usuário é feito obrigatoriamente antes de permitir o acesso as demais páginas, conforme ilustra a figura abaixo.

Primeiro Acesso

Insira seu Nome

Insira seu CPF

Insira seu Login

Insira sua Senha

Redigite sua Senha

Salvar Cancelar

Autenticação de Usuário

Figura 5 - Página de primeiro acesso. O usuário deve inserir nesta página suas informações para que o software possa fazer o reconhecimento e controle de quem está acessando.

Após feito o cadastramento das informações o usuário será automaticamente redirecionado a página de autenticação, onde deve inserir suas informações para acessar o sistema conforme ilustra a figura abaixo.

Autenticação de Usuário

Nome de usuário

Senha

Entrar

Cancelar

[Primeiro acesso?](#)

[Esqueceu sua senha?](#)

Figura 6 - Página de autenticação de usuário.

O software irá fazer uma comparação das informações digitadas com as informações armazenadas na base de dados, se tudo estiver correto irá redirecionar o usuário a página inicial onde poderá selecionar, a partir do menu, qual a funcionalidade que deseja utilizar. No menu o usuário pode fazer o cadastramento de informações para controle de sensores e outros equipamentos, pode cadastrar as antenas que fazem parte do processo de coleta dos dados e cadastrar informações sobre a calibração, que é utilizada pelo software para fazer a integração da partição instantânea dos dados. O usuário ainda pode listar as informações cadastradas a nível de consulta, e pode também utilizar os filtros criados para a geração dos dados de radiação solar, que é a principal funcionalidade e o objetivo mais importante deste estudo.

Sistema de Gestão de Dados de Radiação Solar

Figura 7 - Página inicial contendo menu de acesso às funcionalidades do software.

A intenção principal do desenvolvimento deste software foi aprimorar o processo de trabalho com os dados de radiação solar, desde sua coleta em campo até a geração do arquivo final que é usado por pesquisadores e instituições. A figura apresentada a seguir ilustra a página de filtragem das componentes solares, onde o usuário poderá selecionar quais componentes ele deseja apresentar no arquivo final. A página informa ao usuário qual a quantidade de linhas que a base de dados possui até determinado momento, permite a apresentação dos dados a partir de um intervalo específico de datas, portanto, pode ser inserido um dia, mês e ano para início e fim da busca e possibilita a seleção das componentes solares que serão apresentadas no arquivo final. Por fim o usuário deve clicar no botão Gerar Arquivo .DAT para que o software faça o processamento das informações solicitadas e crie o arquivo final devidamente formatado, que pode ser usado em outros softwares de análise e cálculos de dados. A ilustração a seguir representa a página de filtragem dos dados brutos.

Filtragem de Dados Brutos

Até o momento existem: 58385 registros na base de dados!

The screenshot shows a web interface for filtering raw data. It features two columns for date selection: 'Data Inicial' and 'Data Final'. Each column has three dropdown menus for 'Dia', 'Mês', and 'Ano'. Below these is a 'Componentes' section with a grid of radio buttons for selecting data components. At the bottom, there is a green button labeled 'Gerar arquivo .DAT' and a white button labeled 'Página Inicial'.

Data Inicial		Data Final	
Dia:	Selecione um dia...	Dia:	Selecione um dia...
Mês:	Selecione um mês...	Mês:	Selecione um mês...
Ano:		Ano:	

Componentes

<input type="radio"/> Global	<input type="radio"/> Saldo Refletido
<input type="radio"/> Difusa	<input type="radio"/> Saldo ATM
<input type="radio"/> Global Inclinada	<input type="radio"/> Saldo TERR
<input type="radio"/> Difusa Inclinada	<input type="radio"/> Saldo TEMP
<input type="radio"/> Ultra-Violeta	<input type="radio"/> Longa ATM
<input type="radio"/> Vertical	<input type="radio"/> Longa TERR
<input type="radio"/> Saldo Global	

Gerar arquivo .DAT

Página Inicial

Figura 8 - Página de filtragem de dados brutos. Nesta página o usuário pode selecionar os elementos que irão compor o arquivo final e gera-lo a partir de um simples botão.

CONCLUSÃO

A gestão de dados de radiação solar compõe um processo demorado e trabalhoso, porém de grande importância para os pesquisadores da Faculdade de Ciências Agrônomicas. Em vista dos resultados obtidos o software proporcionou eficiência e organização nos processos ligados a radiometria solar, constituindo-se de características inovadoras. De forma concisa o software possui propriedades que permitem sua adaptação por outras instituições de ensino, capacitando a exploração de novos recursos que podem aprimorar seu valor científico.

REFERÊNCIAS

- BROCK, T.D. **Calculating solar radiation for ecological studies**. *Ecol. Modell.*, v.14, p.1-19, 1981.
- CAMACHO MARTÍNEZ, J.A., ARANDA LÓPEZ, J. **Software de adquisición, tratamiento y cálculo para estaciones meteorológicas**. In: CONGRESSO IBÉRICO DE ENERGIA SOLAR, 7, 1994, Vigo. Anais... Vigo: Associação Ibérica de Energia Solar, 1994. p. 103-8.
- ESCOBEDO ET AL. **Correlation models of diffuse solar-radiation applied to the of São Paulo, Brazil**. UNESP/Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2011.
- CAMARGO, W. P. **Desenvolvimento de um ambiente web para interação entre participantes de projetos de agricultura de precisão**. 2005.70f. Dissertação (Mestre em agricultura) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- DATE, C. J. **Introdução a sistemas de banco de dados**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- ISSO/IEC 9126-1. **Software Engineering: Producting quality**. [S.I.], 2001.

LEWIS, J. **Computer Science Illuminated**. 3ed. EUA: Jones and Barlett Publishers, 2007.

MELO, D. A. de; PALHARES, M. M.; PALHARES, M. G. **Comparativo entre banco relacional e base textual: CDS/ISIS**. *Perspect. Ciênc. inf.* Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 61-77, setembro. 2013. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-99362013000300005&lng=en&nrm=iso. Acessado em 15 de outubro de 2015.

CAMPBELL SCIENTIFIC, INC. **CR1000 Measurement and Control System**. Logan, Utah, 2015.

CAMPBELL SCIENTIFIC, INC. **CMP3-L Pyranometer**. Logan, Utah, 2009.

CAMPBELL SCIENTIFIC, INC. **LI190SB Quantum Sensor**. Logan, Utah, 2015.

ABSTRACT

In the early 2010 due to the breakthrough in technological development of sensors and systems measures the Faculty of Agricultural Sciences of UNESP in Botucatu (FCA-UNESP) had to upgrade your measure equipment of the solar components to a more modern version. This update caused a change in programming protocols, generating from then, two files of different formats, making it difficult to management.

It has been proposed therefore, the development of a software containing routines responsible for automated data gathering, as well as data storage and quality control in relational database automatically and information recovery by a graphical environment of manipulation of data.

The software can be used and adapted by any educational institution that work with solar components measures allowing processes management and creating a format of the data presentation file.

Keywords: Solar Energy, Free Software, Databases.