

# AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DE UMA APLICAÇÃO SIG

Nilton Nobuhiro Imai<sup>1</sup>  
Paulo Sergio da Silva Victorino<sup>2</sup>  
Claudia Robbi Sluter<sup>3</sup>  
Eduardo Alves da Silva<sup>4</sup>  
Edmur Azevedo Pugliesi<sup>5</sup>

- <sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista – FCT/Unesp, Campus de Presidente Prudente, SP, Departamento de Cartografia/ Programa de Pós-graduação em Ciências Cartográficas – [nimai@prudente.unesp.br](mailto:nimai@prudente.unesp.br)  
<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista – FCT/Unesp, Campus de Presidente Prudente, SP, Curso de Engenharia Cartográfica – [paulossv@yahoo.com.br](mailto:paulossv@yahoo.com.br)  
<sup>3</sup>Universidade Federal do Paraná – Departamento de Geomática/ Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas – [robbi@ufpr.br](mailto:robbi@ufpr.br)  
<sup>4</sup>Universidade Estadual Paulista – FCT/Unesp, Campus de Botucatu, SP, Programa de Pós-graduação em Ciências Agrônômicas – [edusilva@fca.unesp.br](mailto:edusilva@fca.unesp.br)  
<sup>5</sup>Universidade Estadual Paulista – FCT/Unesp, Campus de Presidente Prudente, SP, Programa de Pós-graduação em Ciências Cartográficas – [edmur.puliesi@pos.prudente.unesp.br](mailto:edmur.puliesi@pos.prudente.unesp.br)

## RESUMO

Neste trabalho são mostrados os resultados da avaliação de uma aplicação SIG destinada ao suporte de tomadas de decisão realizadas de acordo com o paradigma da Agricultura de Precisão. A aplicação avaliada disponibiliza funções de interpolação por krigagem que podem ser aplicadas em dados georreferenciados de uma amostra de um fator determinante da produção da soja. As funções dessa aplicação foram definidas com base em experimentos realizados com dados amostrais obtidos de áreas que representam o ambiente de desenvolvimento de culturas dos sistemas de produção de soja do Noroeste do Estado do Paraná. Técnico de extensão rural que atende produtores rurais prescrevendo ações de manejo de culturas agrícolas constitui o perfil do usuário potencial. Como esse profissional, em geral, não está habituado a lidar com dados georreferenciados, muito menos a aplicar conceitos de dependência espacial inerentes às técnicas da Geoestatística, é necessário disponibilizar as funções de processamento de dados de uma forma que a própria aplicação possa auxiliar na condução do procedimento. Ciente das enormes dificuldades que o usuário deve enfrentar e do grande desafio que constitui o desenvolvimento de uma aplicação com essas características, adotou-se a abordagem de ciclo de vida de *software* baseado em prototipagem. Assim, uma das fases mais importantes do processo constitui a própria avaliação do protótipo, cujos resultados são fundamentais para que o desenvolvimento seja realizado de forma adequada. Trata-se da etapa que deve indicar como deve ser modificada a aplicação numa abordagem de desenvolvimento de aplicações SIG que poderia ser definida como orientada pelas formas de comunicação e interação com o usuário.

Palavras-chave: Usabilidade de *software*, SIG para Agricultura de Precisão, Ergonomia

## AN ERGONOMIC EVALUATION OF A GIS APPLICATION

### ABSTRACT

*This paper presents the results of a GIS application for decision-making in Precision Farming approach evaluation. The software has tools for interpolation based on the Kriging estimation method that is designed to be applied on Northwest of Paraná State soybean yield determined factors. The potential user of the GIS application is an agricultural engineering that assists farmers in crop management. Data processing tools must have functions to help the analyst during operation. These are necessary because the potential user is not prepared to deal with georeferenced data as well as applying spatial correlation concepts that characterizes those data processing tools. Then, a prototype approach to develop the software was adopted aiming to design and improve the interfaces by user's feedbacks. Therefore, the prototype evaluation is an important step of the development procedure and the results are essential for the success. The evaluation results are adopted to guide the software improvement based on user interaction capabilities.*

Keywords: *Software usability, GIS for Precision Farming, Ergonomics*

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem o objetivo de mostrar como foi realizada a avaliação de um protótipo de aplicação SIG, os conceitos envolvidos, o método adotado e os resultados dessa avaliação. A avaliação do protótipo constitui uma das fases do ciclo de vida de desenvolvimento da aplicação a qual fornece subsídios para esse processo de desenvolvimento.

Aspectos relacionados com a codificação vem sendo testados e avaliados ao longo da implementação. Entretanto, a adequação da aplicação aos seus propósitos pode ser, de fato, conhecida com base em simulações de uso realizadas por potenciais usuários. Essa necessidade torna-se mais crítica em casos nos quais os usuários não possuem formação ou familiaridade com as funções disponibilizadas e os conceitos envolvidos no processamento de dados, como ocorre no caso da aplicação em desenvolvimento.

O protótipo testado foi uma versão da aplicação SIG que vem sendo desenvolvida para suporte à decisão em Agricultura de Precisão, mais especificamente para o suporte em manejo localizado de sistemas de produção de soja no noroeste do Estado do Paraná.

Apesar dos avanços da geotecnologia, a análise de dados espaciais não constitui tarefa usual e de fácil compreensão devido ao envolvimento de relacionamentos espaciais que não são, usualmente, tratados ou considerados em processamentos de dados. Não se trata de uma situação exclusiva dos sistemas agrícolas de produção, pois diversos sistemas de produção como aqueles relacionados com energia e outros, somente mais recentemente vem se beneficiando do desenvolvimento da geotecnologia. Todas essas áreas têm sido forçadas a modificar e adaptar seus processos para melhor utilizar informações georreferenciadas.

A pouca familiaridade com os conceitos de Geoprocessamento, considerando a representação computacional de fenômenos geográficos, bem como os conceitos e procedimentos envolvidos na reconstrução de superfícies baseada em Geoestatística pode caracterizar os potenciais usuários. Essa característica do usuário constitui uma dificuldade e, assim, um desafio para o desenvolvimento da aplicação. Nesse sentido, é conhecida a necessidade de incluir facilitadores que possam tornar factível o uso da aplicação por esses usuários.

Nesse contexto, o processo de avaliação foi projetado, principalmente, para identificar as etapas cujas interfaces estejam inadequadas ao desenvolvimento do processamento de dados, de tal forma a conduzir ao fracasso do processo de produção de informações. O projeto inicial da aplicação prevê um conjunto de interfaces definidas com a preocupação de que as ferramentas disponibilizadas sejam usadas de forma adequada. Assim sendo, a fim de verificar a qualidade do sistema projetado e detectar seus principais problemas e suas principais virtudes, foi necessário realizar um processo de avaliação ergonômica cujos resultados permitissem reformular a proposta inicial e, desta forma, melhor adequá-la aos propósitos da aplicação.

Este trabalho apresenta o projeto do sistema avaliado, os fundamentos para sua avaliação, o método de avaliação aplicado, os resultados obtidos juntamente com sua análise e conclusões.

O presente trabalho foi realizado por uma equipe formada de pesquisadores do Departamento de Cartografia da FCT/Unesp de Presidente Prudente, do Departamento de Geomática da UFPR e pesquisadores da Embrapa-Soja de Londrina.

## 2. AGRICULTURA DE PRECISÃO

A adoção da abordagem da Agricultura de Precisão implica no uso intensivo de geotecnologias que permitem ao sistema a mobilidade de coletar dados espaciais, realizar o processamento e a análise dos dados, com o auxílio da Geoestatística, e por fim, representar os resultados obtidos.

Como indica Tosi [2003], A coleta de informações sobre a distribuição geográfica de recursos minerais, propriedades, animais e plantas sempre foi uma parte importante das atividades das sociedades organizadas. Até recentemente, no entanto, isto era feito apenas em documentos e mapas em papel. Sendo assim, as informações eram geralmente de fácil acesso e manipulação, mas dificultavam uma análise que combinasse diversos mapas e dados. O desenvolvimento da tecnologia de computadores e de ferramentas matemáticas para análise espacial, que ocorreu na segunda metade do século XX, abriu possibilidades diversas, entre a habilidade de armazenar, recuperar e combinar os dados disponíveis sobre a superfície da terra.

Lincoln [2003] sugere que Agricultura de Precisão como sendo um termo popular que algumas vezes é usado quando para se referir ao gerenciamento específico da agricultura, onde produtores voltam sua

atenção para minimizar a variabilidade espacial dentro do crescimento dos fatores limitantes que influenciam na produção da colheita.

Fraisse [2003] completa o conceito de Agricultura de Precisão referindo-se a uma nova tecnologia de informação que faz uso intenso de Sistemas de Posicionamento por Satélite (GPS) e Sistemas de Informação Geográfica (GIS), permitindo o tratamento e análise de dados coletados no campo.

A análise dos dados permite a otimização do uso de insumos agrícolas, possibilitando ganhos econômicos para o agricultor e reduzindo o impacto ambiental da atividade agrícola. Permite ainda a construção de um banco de dados espaciais e temporais de valor inestimável para o desenvolvimento de técnicas visando o uso racional da terra.

Desta forma, um SIG para Agricultura de Precisão tem o objetivo de oferecer suporte no gerenciamento de informações geográficas. Além disso, deve ser capaz de auxiliar o técnico rural na tomada de decisões, a partir do processamento dos dados coletados em campo.

### **3. SIG PARA AGRICULTURA DE PRECISÃO**

O SIG, ou como indica a sigla um Sistema de Informação Geográfica (conhecido também como GIS – *Geographic Information System*), trata-se de um sistema capaz de processar dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) dando ênfase à análise espacial e modelagens de superfícies, tendo a função de coletar, armazenar, recuperar, manipular e visualizar os dados introduzidos no sistema. Devido a sua grande funcionalidade, é amplamente aplicado na cartografia, em cadastro urbano, na agricultura, no manejo de florestas, dentre outras áreas que envolvem um grande número de agentes interdependentes.

A utilização do SIG se deve a necessidade de uma ferramenta que seja capaz de produzir mapas, realizar suporte para análise espacial de fenômenos, além de fornecer um banco de dados, com objetivo de armazenar dados para a manutenção do sistema e, assim, ser capaz de recuperá-los de modo a se poder interpretá-los como informações espaciais.

Em um âmbito geral pode-se ver o SIG a partir de uma natureza “dual” da informação: um dado geográfico possui uma localização geográfica (expressa como coordenadas em um mapa) e atributos descritivos (que podem ser representados num banco de dados convencional). Ainda assim, um aspecto relevante é destacar que a localização dos fenômenos ou entidades representadas é tão importante quanto às relações espaciais entre esses fenômenos sendo, portanto, necessário representá-las.

Com o desenvolvimento das geotecnologias, muitas aplicações estão sendo aprimoradas. A Agricultura de Precisão é uma abordagem de manejo localizado de recursos de produção agrícola que faz uso dessa tecnologia de uma forma inovadora. O aumento da qualidade das informações sobre terras e colheitas permite o aprimoramento dos processos produtivos. Grande parte das recomendações técnicas tradicionais deve ser reformulada, para atender ao grande potencial de ajuste e atuação dos implementos agrícolas originários da Agricultura de Precisão.

Na Agricultura de Precisão, em virtude do uso do posicionamento dos elementos de interesse no terreno, a aplicação do Geoprocessamento é imprescindível. Nesse sentido, Sistemas de Informação Geográfica, com suas ferramentas computacionais as quais permitem realizar análises complexas integrando dados de diversas fontes através de um banco de dados georreferenciados, torna possível a automação da produção de informações geográficas.

Diante da ausência de um *software* de fácil manejo e interação familiar ao potencial usuário, desenvolveu-se uma aplicação destinada aos produtores de soja do Noroeste do Paraná, baseada nos princípios de usabilidade e ergonomia de software, reunindo ferramentas de domínio público e utilizando-se da metodologia de Jacobson para a definição do projeto de aplicação e para identificação de parte das interfaces. Essa aplicação foi especialmente projetada para sistemas de produção de soja da região territorial mencionada pois há algum conhecimento acumulado a respeito do comportamento espacial desse tipo de produção nos sistemas que empregam alta tecnologia no processo produtivo. Porém é importante observar que informações não são produzidas, automaticamente, pelo sistema desenvolvido. É necessário que usuário interaja com o sistema de forma a decidir entre as alternativas, encontradas pela aplicação, para realizar o processamento dos dados e gerar informações georreferenciadas.

### **4. USABILIDADE E ERGONOMIA**

A usabilidade de um aplicativo pode ser comparada uma situação bem corriqueira de uma pessoa que vai as compras, e em determinada loja, o consumidor, deixa de consumir o produto pelo fato de não conseguir encontrar o produto desejado, em tantas prateleiras e, ainda, não receber qualquer informação dos vendedores sobre o local onde possa encontra-lo. Desta forma, fica evidente a necessidade de se verificar a usabilidade de um aplicativo, bem como sua ergonomia.

A importância da usabilidade de um aplicativo é de grande importância, como indica a empresa Sirius em seu site mostrando que em 1997, Dados do Instituto AC Nielsen comprovam que o uso inadequado de métodos da engenharia da usabilidade custaram em torno dos US\$ 30 bilhões em perda de produtividade em projetos de desenvolvimento de *software*.

De acordo com Cybis [2003], usabilidade é definida como a capacidade que um sistema interativo oferece a seu usuário, em um determinado contexto de operação, para a realização de tarefas, de maneira eficaz, eficiente e agradável.

Segundo o dicionário Aurélio, Ergonomia é o estudo científico dos problemas relativos ao trabalho humano, e que devem ser levados em conta na projeção de máquinas, equipamentos e ambiente de trabalho.

A intuitividade, a facilidade e a eficiência de uso em um dispositivo informatizado contribuem para sua usabilidade, e a ergonomia têm muito em comum com isso tudo. Para a construção de interfaces amigáveis ou ergonômicas, o engenheiro de usabilidade deve, entre outras coisas, conhecer muito bem o usuário e o seu trabalho.

Segundo Heeman [1997], o conceito de usabilidade, enfatiza a dimensão do enfoque preponderante da ergonomia, mostrando por meio de análise ergonômica das tarefas, como os sistemas automatizados são realmente utilizados por seres humanos.

Cybis [2003], esclarece que usabilidade é uma qualidade de uso, ou seja, ela se define quando do uso do sistema. Isto quer dizer que ela é definida ou medida para um contexto em que um sistema é operado. Assim, um sistema pode proporcionar boa usabilidade para um usuário experiente, mas péssima para novatos, ou vice e versa. Pode ser fácil de operar se o sistema for usado esporadicamente, mas difícil, se for utilizado frequentemente, no dia a dia.

Cybis[2003] destaca ainda mais a importância da interface em um sistema quando se refere a ela como controladora do diálogo entre as apresentações de controles e comandos e as entradas de dados, além de definir as estratégias para a realização da tarefa e conduzir o usuário durante as interações.

Heemann [1997], complementa relatando que a qualidade ergonômica implementada em interfaces de sistemas em geral, e especificamente em interfaces de bases de dados, aumenta a eficácia dos sistemas, e habilita esses aplicativos a atender melhor as necessidades dos usuários. Direta, ou indiretamente, grande parte das atividades humanas atuais integram o computador como uma ferramenta de apoio para a realização de tarefas, sendo necessário, contudo, identificar e apontar as repercussões deste tópico impactante nos sistemas de informação e mais especificamente nos bancos de dados. Sendo assim, destaca-se o papel fundamental das interfaces dos bancos de dados, pois elas podem constituir um fator determinante do sucesso ou do fracasso do processo de obtenção da informação desejada.

Heeman [1997] ainda defende que para definir se as interfaces possuem ou não usabilidade, os requisitos da tarefa e a satisfação com a qual um determinado usuário atinge um objetivo específico em ambientes particulares, devem ser considerados como parâmetros de avaliação.

#### 4.1 - AVALIAÇÃO ERGONÔMICA

Como indica Cybis[2003], o *software* ergonômico aconselha, orienta, informa e conduz o usuário na interação com o computador (mensagens, alarmes, rótulos, etc.), possibilitando:

- a localização do usuário, ou seja, que saiba, a qualquer hora, onde se encontra, numa seqüência de interações ou na execução de uma tarefa;
- conhecimento das ações permitidas, bem como suas conseqüências;
- obtenção de informações suplementares (eventualmente por demanda).

O *software* prestativo proporciona aprendizado rápido e fácil utilização permitindo que o usuário melhore seu desempenho e diminua o número de erros na operação do sistema. Esta qualidade pode ser analisada a partir de duas dimensões: a *presteza* e o *feedback* imediato.

A *presteza* diz respeito às informações que permitem ao usuário identificar o estado ou contexto no qual se encontra, bem como as ferramentas de ajuda e o modo de acesso, incluindo todos os mecanismos ou meios que permitam ao usuário conhecer as alternativas, em termos de ações, conforme o estado ou contexto no qual ele se encontra. Esta qualidade elementar engloba os meios utilizados para levar o usuário a realizar determinadas ações. Uma boa *presteza* facilita a navegação no aplicativo e diminui a ocorrência de erros.

*Feedback* imediato diz respeito às respostas do sistema às ações do usuário. Estas entradas podem ir do simples pressionar de uma tecla, até uma lista de comandos. As respostas do computador devem ser fornecidas, de forma rápida, com um tempo de resposta apropriado e consistente para cada tipo de transação. Uma resposta rápida deve ser fornecida com informação sobre a transação solicitada e seu resultado. A qualidade e rapidez do *feedback* são dois fatores importantes para o estabelecimento de

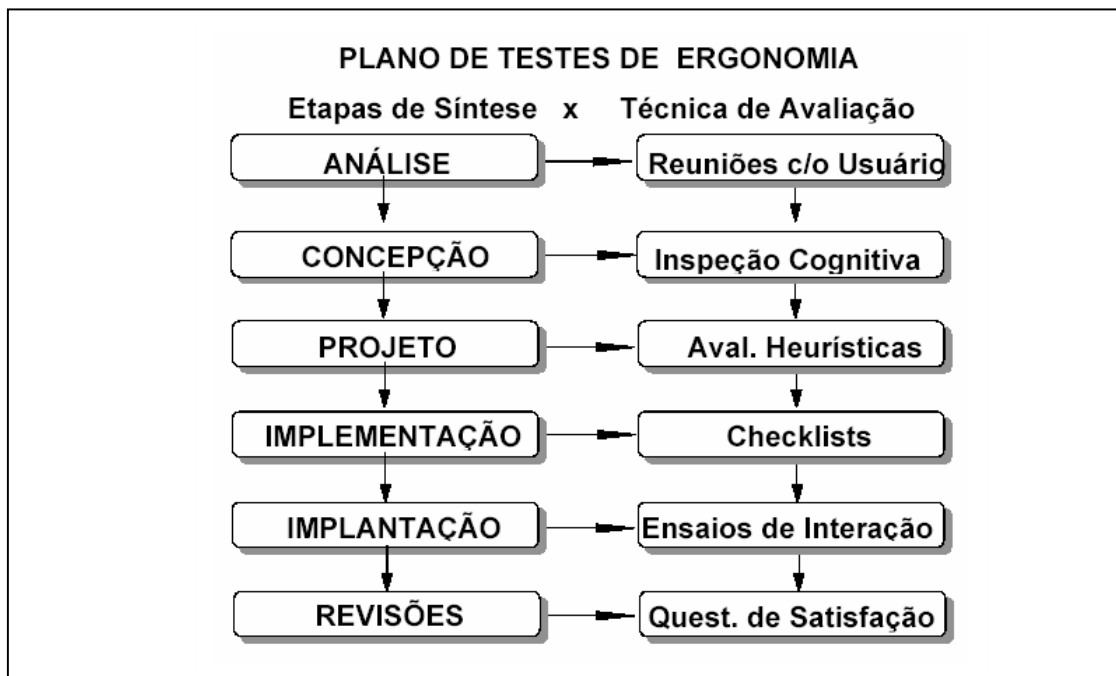
satisfação e confiança do usuário, assim como para o entendimento do diálogo. A ausência de *feedback* ou sua demora podem ser desconcertantes para o usuário. Os usuários podem suspeitar de uma falha no sistema, e podem tomar atitudes prejudiciais para os processos em andamento.

A adaptabilidade de um sistema diz respeito a sua capacidade de reagir conforme o contexto, e conforme as necessidades e preferências do usuário. Dois sub-critérios participam da adaptabilidade: a flexibilidade e a consideração da experiência do usuário. Uma interface não pode atender ao mesmo tempo a todos os seus usuários em potencial. Para que não tenha efeitos negativos sobre o usuário, a interface deve, conforme o contexto, se adaptar a ele. Por outro lado, quanto mais variadas são as maneiras de realizar uma tarefa, maiores são as chances do usuário de escolher e dominar uma delas no curso de seu aprendizado. Deve-se portanto fornecer ao usuário procedimentos, opções, comandos diferentes permitindo alcançar um mesmo objetivo.

A flexibilidade se refere aos meios colocados à disposição do usuário que permite personalizar a interface a fim de levar em conta as exigências da tarefa, de suas estratégias ou seus hábitos de trabalho. Corresponde também ao número de diferentes maneiras à disposição do usuário para alcançar um certo objetivo e, portanto, da capacidade da interface se adaptar as variadas ações do usuário. Quanto mais formas de efetuar uma tarefa existirem, maiores serão as chances de que o usuário possa escolher e dominar uma delas no curso de sua aprendizagem.

A consideração da experiência do usuário diz respeito aos meios implementados que permitem que o sistema respeite o nível de experiência do usuário. O grau de experiência dos usuários pode variar, pois podem se tornar especialistas, devido à utilização continuada, bem como menos especialistas, depois de longos períodos de não utilização. A interface deve também ser concebida para lidar com as variações dos níveis de experiência. Usuários experientes não têm as mesmas necessidades informativas que novatos. Todos os comandos ou opções não precisam ser visíveis o tempo todo. Os diálogos de iniciativa somente do computador, entediam e diminuem o rendimento do usuário experiente. Os atalhos, ao contrário, podem permitir rápido acesso as funções do sistema. Pode-se fornecer aos usuários inexperientes diálogos bem conduzidos, ou mesmo passo a passo. Portanto, meios diferenciados devem ser previstos para lidar com diferenças de experiência, permitindo que o usuário delegue ou se aproprie da iniciativa do diálogo.

A figura a seguir (Figura 3) resume a avaliação ergonômica do sistema, em suas várias etapas.



**Figura 3** - Avaliação ergonômica para cada etapa de montagem do sistema  
Adaptado de: CYBIS[2003]

A figura anterior (Figura 3) evidencia os processos de elaboração, implementação e implantação de um sistema, bem como suas respectivas avaliações para cada etapa.

## 4.2 QUALIDADE DE SOFTWARE SEGUNDO ISO 9241

CYBIS [2003] faz referência a abordagem da Organização Internacional de Padronização ISO 9241, cujo direcionamento é dado aos requisitos para o uso de projetista e avaliadores de interfaces.

A ISO 9241 é dividida em 17 partes:

- Parte 1: Introdução geral.
- Parte 2: Condução quanto aos requisitos das tarefas.
- Parte 3: Requisitos dos terminais de vídeo.
- Parte 4: Requisitos dos teclados.
- Parte 5: Requisitos posturais e do posto de trabalho.
- Parte 6: Requisitos do ambiente.
- Parte 7: Requisitos dos terminais de vídeo quanto as reflexões.
- Parte 8: Requisitos dos terminais de vídeo quanto as cores.
- Parte 9: Requisitos de dispositivos de entrada, que não sejam os teclados.
- Parte 10: Princípios de diálogo.
- Parte 11: Orientações sobre usabilidade.
- Parte 12: Apresentação da informação.
- Parte 13: Orientações ao usuário.
- Parte 14: Diálogos por menu.
- Parte 15: Diálogos por linguagem de comandos.
- Parte 16: Diálogos por manipulação direta.
- Parte 17: Diálogos por preenchimento de formulário.

Nesta ocasião, serão destacadas apenas duas partes que se tem maior interesse: parte 11 e parte 13.

A parte 11 refere-se a especificação da usabilidade dos sistemas, definida como aquelas características que permitem que o usuário alcance seus objetivos e satisfaça suas necessidades dentro de um contexto de utilização determinado.

Desempenho e satisfação do usuário são especificados e medidos a partir do grau de realização de objetivos perseguidos na interação (eficácia), pelos recursos alocados para alcançar estes objetivos (eficiência) e pelo grau de aceitação do produto pelo usuário (satisfação). Esta parte da norma ISO 9241 reforça a idéia de que a usabilidade depende do contexto de utilização, e que o nível de usabilidade atingido será função das circunstâncias particulares de utilização do produto. O contexto de utilização compreende os usuários, as tarefas, o equipamento (*hardware*, *software* e documentos) e os ambientes físicos e sociais suscetíveis de influenciar a usabilidade de um produto dentro de um sistema de trabalho. As medidas de desempenho e de satisfação dos usuários avaliam a qualidade do sistema de trabalho com todas as suas interligações. Qualquer mudança como treinamento adicional ou melhoria de iluminação forcem uma reavaliação da usabilidade do sistema.

A parte 13 se refere à condução ao usuário, vista como o conjunto de informações suplementares, portanto adicionais ao diálogo habitual entre homem-máquina, que são fornecidas sob comando do usuário ou automaticamente pelo sistema. Os elementos do sistema de condução incluem os convites, o *feedback*, as informações sobre o estado do sistema, a gestão de erros e a ajuda em linha. Eles auxiliam a interação do usuário com o sistema evitando a carga de trabalho mental inútil, fornecendo aos usuários um meio de gestão de erros, além de uma assistência adequada ao seu nível de competência. As recomendações contidas nesta norma se referem a situações típicas envolvendo necessidades específicas de informações e de ações.

CYBIS [2003] aconselha que para realizar uma avaliação segundo as partes desta norma internacional, deve-se estabelecer uma lista de tarefas a serem usadas na avaliação (as mais importantes e as mais freqüentes, por exemplo) e aplicar a norma. Para tanto duas abordagens são examinadas. Na abordagem aconselhada o avaliador utiliza o produto para escolher uma lista de tarefas e observa o usuário realizando estas tarefas. Cada elemento do sistema em análise será verificado contra as recomendações desta norma (ex. condução ao usuário: convites, informações sobre o estado, *feedback*, mensagens de erros e ajuda em linha). Convém que os resultados sejam registrados segundo as rubricas: requisitos inaplicáveis, aplicáveis e seguidos, aplicáveis mas não seguidos. Na outra abordagem sugerida, o próprio avaliador utiliza o produto e estuda os elementos do sistema durante esta utilização.

### 4.3 INTERAÇÃO HOMEM-COMPUTADOR

A interação Homem-Computador é realizada através de interfaces apresentadas ao usuário de um aplicativo, concretizando o canal de comunicação entre usuário e o sistema. Segundo FARIAS [2000], a interface é a parte do sistema com a qual os usuários interagem. É ela que propicia a comunicação do usuário com as funcionalidades do sistema e assume o papel do sistema para que o manipula.

As interfaces do sistema tem crucial importância para a usabilidade de um sistema. Para que a interface facilite efetivamente as tarefas que o usuário do SIG executa, tornam-se necessários, que durante o seu projeto, sejam feitas análises de acordo com um ponto de vista de qualidade de *software*, de usabilidade, de ergonomia de *software*, do *design* de *software*, da interação homem-computador, das necessidades e expectativas específicas dos usuários.

### 5. ABORDAGEM DE IMPLEMENTAÇÃO

Para a implementação do protótipo, foi adotada a abordagem Orientada a Objetos que fornece muitos benefícios no desenvolvimento e manutenção da aplicação implementada. A Orientação a Objetos utiliza-se em particular da abstração e do uso de classes e objetos, que implementados, constituem o módulo formador da aplicação realizada que, através da interface, estabelece a “comunicação” com o usuário. Para que a comunicação, estabelecida entre a aplicação e o usuário, seja eficaz é necessário que a interface seja amigável, facilmente interpretável e flexível, de modo que, também, não apresente entraves para a criação do código.

Pode-se entender por abstração, como sendo a concentração nos aspectos essenciais, preservando a liberdade de tomar decisões evitando maiores detalhes prematuros. Quanto às Classes de Objetos pode-se considerar como sendo um conjunto de objetos que são descritos pelos mesmos dados e possuem o mesmo comportamento. As interfaces de uma classe ou objeto são representadas através de seus métodos e de suas funcionalidades. Os objetos são instâncias de classes que respondem mensagens de acordo com métodos determinados pelo *protocolo de descrição de classes*. Para o Módulo, pode-se atribuir como sendo uma operação que um objeto executa sobre outro, representando uma ação praticada pelo objeto. Em se tratando da Interface, pode-se definir como sendo a visão externa de uma classe, objeto ou módulo, os quais enfatizam suas abstrações enquanto oculta suas estruturas e comportamentos. A visão interna da interface é responsável pela implementação através da classe, objeto ou módulo, incluindo seu comportamento.

Para o uso da Orientação a Objetos utilizou-se, no projeto, a linguagem C++, através do compilador *Microsoft Visual C++ 6.0*.

Além desse compilador, utilizou-se várias bibliotecas de domínio público, *Software Livre*, para implementar a aplicação. O *Software Livre* vem sendo responsável por uma grande revolução tecnológica nos últimos anos. Sem dúvida, esse fato é mais visível na área de Tecnologia da Informação (TI), mas um número cada vez maior de setores dependentes de *softwares* comerciais está aderindo aos sistemas abertos. Atualmente, aplicações baseadas em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), por exemplo, já podem ser implementadas em um ambiente completamente livre, sem qualquer custo de licenciamento de *software*.

O protótipo do sistema foi construído sobre uma plataforma de *software* livre, por utilizar ferramentas de domínio público como TerraLib, GSLib e Gnuplot.

A TerraLib é uma biblioteca de classes para a construção de SIG, disponível na internet como código aberto, permitindo a construção de um ambiente colaborativo e seu uso para o desenvolvimento de variados aplicativos e ferramentas para o mundo geográfico. Seu principal objetivo é possibilitar o desenvolvimento de uma nova geração de aplicativos SIG, baseados nos avanços tecnológicos dos bancos de dados espaciais. A biblioteca contém componentes de gerenciamento de dados, estrutura de dados espaciais, conversão de dados e algoritmos de análise espacial.

A TerraLib está desenhada como uma biblioteca baseada no modelo de *open source software*, código aberto, permitindo a construção de um ambiente colaborativo e seu uso para o desenvolvimento de variados aplicativos e ferramentas para o mundo geográfico. Essa biblioteca tem por meta permitir o desenvolvimento de ambientes SIG que incorporem os mais recentes avanços da Ciência da Geoinformação, com ênfase no uso de SGBD para armazenar todos os tipos de dados geográficos. Essa biblioteca foi desenvolvida pela DPI (Divisão de Processamento de Imagens) do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), Tecgraf, o Grupo de Computação Gráfica da PUC-Rio (Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro) e FUNCATE (Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais).

A biblioteca geoestatística GSLib é um pacote de programas desenvolvido junto à Universidade de Stanford (Deutsch e Journel, 1998), com códigos-fonte em FORTRAN77 e FORTRAN90, tanto para MS-DOS quanto para Unix, e junto com eles arquivos previamente compilados.

Segundo Camargo [1997], a estrutura da GSLIB é basicamente formada por um *módulo de utilitários*, composto de funções que permitem mostrar e analisar os resultados; um módulo de variograma: composto de quatro funções que geram variogramas a partir de amostras espaçadas regular e irregularmente; um módulo de krigagem: composto de funções que executam a interpolação baseada em técnicas de krigagem, tais como krigagem simples, krigagem ordinária, co-krigeagem e outras; e por fim um módulo de simulação: composto de funções que executam simulações estocásticas.

GnuPlot é um programa de distribuição gratuita disponível para diversos sistemas operacionais (Windows, Linux, etc). De acordo com CAPELLARI [2003], dentre as vantagens em sua utilização podemos citar a portabilidade e embora não pareça a princípio, a facilidade no seu manuseio. O mesmo se dá de forma interativa através da linha de comando ou elaborando um "*script*", contendo todas as instruções a serem executadas. O aplicativo Gnuplot é destinado à visualização de gráficos e superfícies, úteis em aplicações científicas nas áreas de física, matemática, estatística, engenharias (cartográfica, mecânica, elétrica, ...), etc.

## 6. MÉTODO

A avaliação de protótipo é uma das etapas fundamentais do processo de desenvolvimento de *software* conhecido como ciclo de vida com prototipação. Neste trabalho são apresentados resultados da avaliação de uma aplicação SIG para suporte à tomada de decisões destinadas ao manejo localizado de sistemas de produção de soja do Noroeste do Estado do Paraná.

O método adotado para realizar a presente avaliação baseia-se na abordagem proposta por Farias (2000), por apresentar características adequadas aos objetivos deste trabalho. Deve-se destacar que os procedimentos associados a cada uma das etapas do método foram descritos, pelo autor, de maneira objetiva e adequada à sua aplicação neste trabalho. Os objetivos de cada uma das etapas da avaliação são apresentados de maneira a possibilitar sua rápida compreensão e aplicação do procedimento. Há, inclusive, possibilidade de verificar a correção da aplicação desse procedimento com o respaldo dos resultados em exemplos descritos de outras iniciativas de natureza similar.

A tabela 01, apresenta as etapas do procedimento aplicado na avaliação do protótipo. Para cada etapa são discriminados os objetivos a atingir e as estratégias a adotar a fim de atingí-los.



TABELA 1 – Etapas do processo de avaliação

fonte: Farias (2000)

<b>ETAPA</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>ESTRATÉGIAS</b>
<b>Planejamento do ensaio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caracterização do Problema</li> <li>- Definição do perfil de usuário para caracterização do universo amostral</li> <li>- Definição das metas e interesses relativos ao processo avaliatório</li> <li>- Definição de indicadores subjetivos e/ou objetivos</li> <li>- Mapeamento dos usuários de teste potenciais disponíveis</li> <li>- Decisão do número de participantes</li> <li>- Seleção das estratégias avaliatórias a adotar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Discussões da equipe de avaliação</li> <li>- Revisão bibliográfica</li> <li>- Reuniões com o universo de usuários de teste disponíveis</li> </ul>
<b>Treinamento do Universo Amostral</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Familiarização dos usuários de teste com a ferramenta a ser testada</li> <li>- Capacitação do universo de teste no aplicativo a ser avaliado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aulas teóricas demonstrativas</li> <li>- Aulas práticas</li> <li>- Debates</li> </ul>
<b>Elaboração do Material do Ensaio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleção e organização das tarefas destinadas à avaliação do produto</li> <li>- Definição dos recursos necessários à execução de cada tarefa</li> <li>- Elaboração do material necessário</li> <li>- Discussão da(s) abordagem(ns) a serem adotada(s) entre avaliador(es) e usuários de teste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Discussões da equipe de avaliação</li> <li>- Digitação e revisão do material de suporte ao ensaio</li> <li>- Impressão do material</li> <li>- Aplicação da avaliação do protótipo</li> <li>- Correção de falhas do material e impressão final</li> </ul>
<b>Condução do Ensaio e Coleta de Dados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicação da(s) estratégia(s) avaliatória(s)</li> <li>- Registros dos indicadores objetivos pré-definidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ensaios empíricos de usabilidade</li> <li>- Métodos de inspeção da usabilidade</li> </ul>
<b>Tabulação e Análise dos Dados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Listagem dos problemas detectados com a aplicação da(s) estratégia(s) avaliatória(s)</li> <li>- Triagem dos dados coletados</li> <li>- Tabulação e síntese dos dados coletados</li> <li>- Organização dos problemas listados segundo o grau de severidade, abrangência e frequência de ocorrência.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Levantamento dos dados coletados</li> <li>- Discussões da equipe de avaliação</li> </ul>
<b>Apresentação dos Resultados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definição do modo de divulgação dos resultados</li> <li>- Priorização dos dados apresentados de acordo com os usuários finais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Discussões da equipe de avaliação</li> <li>- Uso de critérios de prioridade</li> <li>- Digitação e impressão dos resultados</li> </ul>

Por ocasião destes testes, indivíduos da comunidade de usuários desempenham tarefas realísticas com o auxílio do produto de teste, a partir das quais são coletados dados qualitativos e/ou quantitativos relativos ao desempenho e à satisfação de uso do protótipo pelos usuários em relação ao manuseio das interfaces e do produto obtido (mapa de diagnóstico).

## 6.1 PLANEJAMENTO DO ENSAIO AVALIATÓRIO

### 6.1.1 Aspectos Gerais

I) Natureza do Produto: Protótipo de um Sistema com Informação Geográfica

II) Objetivo Geral: avaliação das interfaces do protótipo como forma de interação usuário/computador em sistemas de informações geográficas

III) Objetivos específicos:

- Observação da facilidade de uso do produto;
- Observação da facilidade de execução da tarefa;

- Mensuração do número de escolhas incorretas nos menus;
- Mensuração do número de pedidos de ajuda;
- Mensuração do número de erros cometidos durante a execução das tarefas.

IV) Natureza da avaliação: Somativa objetiva/subjetiva & qualitativa/quantitativa (em geral, os ensaios avaliatórios são caracterizados pela coleta das duas categorias de indicadores: objetivos que são também referidos na literatura como medidas de desempenho, representados por contagem de ações e comportamentos observáveis e subjetivos traduzidos por percepções, opiniões e julgamentos individuais)

V) Natureza dos testes: laboratorial

VI) Número de avaliadores:

VII) Natureza das tarefas avaliadas: mais frequentes e mais críticas.

VIII) Universo amostral:

IX) Duração completa do ensaio:

### 6.1.2 Aspectos Específicos – Avaliação Laboratorial

I) Meta: Avaliação de aspectos do processo de operação do protótipo.

II) Interesse geral: Investigação de dificuldades do uso e compreensão do aplicativo

III) Interesses específicos:

- Investigação do manuseio das interfaces;
- Investigação da facilidade em localizar os menus de interesse;
- Investigação da comunicação homem/computador por meio dos termos específicos empregados.

IV) Técnicas de avaliação: Questionários, observação direta, verbalização de procedimentos e entrevistas.

V) Indicadores quantitativos:

- Número de escolhas incorretas;
- Número de erros cometidos;
- Número de pedidos de ajuda.

VI) Indicadores qualitativos:

- Facilidade de uso do produto;
- Facilidade de aprendizado do produto;
- Facilidade de execução de tarefas;
- Facilidade de localização de informações;
- Existência e eficácia do ajuda fornecida pelo manual.

VII) Dimensão do universo amostral: 3 usuários de teste

VIII) Categoria de usuários de teste: os três usuários tem conhecimento sobre agricultura de precisão, mas pouco praticam a técnica, sendo assim sua experiência com Sistemas de Informação não é muito grande.

IX) Nº de sessões de teste: 1 sessão.

X) Duração da sessão de teste: 1 hora.

XI) Problemas-alvo:

- Com utilização das interfaces e hierarquia de menus;
- Com a recuperação após situações de escolhas incorretas;
- Com a ajuda do manual;

XII) Tipos de resultados previstos:

- Confirmação da existência de problemas alvo;
- Detecção de outros problemas;
- Detecção de aspectos positivos;
- Detecção de necessidades de aprimoramento de interfaces e novas ferramentas aplicáveis ao protótipo.

XIII) Ambiente utilizado:

Laboratório de Posicionamento Geodésico e Análise Espacial, da Universidade Estadual Paulista, campus de Presidente Prudente.

XIV) Material utilizado:

*Hardware:* Computador Pentium II 450 MHz

*Sistema Operacional:* Windows 2000

*Outros:* Ficha de cadastro de participante, lápis, questionários pré e pós-teste, roteiros de tarefas e fichas de registros de eventos.

## 6.2 CONDUÇÃO DO TESTE

O teste iniciou com o preenchimento, pelos participantes do teste, de um questionário com o objetivo de traçar o perfil dos entrevistados. O questionário é detalhado no Anexo 1.

Na seqüência do teste, o protótipo e suas principais características são apresentados ao público do teste, explicando sua finalidade, de maneira a despertar interesse para testá-lo e utilizá-lo como ferramenta de auxílio na tomada de decisões para sua conduta no campo. Junto com o protótipo foi apresentado o manual do usuário (Anexo 2), o qual foi criado para auxiliar na operação do aplicativo. Esse manual apresenta a seqüência de passos a serem seguidos para a obtenção de um resultado proveitoso e confiável.

O teste termina com o preenchimento do terceiro e último questionário (Anexo 3), o qual enfatiza questões relacionadas com as dificuldades de operação do aplicativo e solicita comentários e sugestões que o usuário gostaria de expor em relação às dificuldades de utilização do sistema e à compreensão do produto final (mapa de diagnóstico) do aplicativo. Com base nessas informações é possível obter subsídios para realizar aprimoramentos do projeto e do sistema, de maneira que a aplicação possa tornar-se mais adequada ao usuário.

## 7. RESULTADOS

Considerando o conhecimento acumulado pela equipe de desenvolvimento do projeto de pesquisa no qual se insere a avaliação do protótipo no que se refere às necessidades de um técnico responsável por extensão rural, realizou-se uma identificação informal das principais limitações do protótipo a ser testado e avaliado. Essa identificação informal foi realizada devido às necessidades de definição de problemas a serem investigados no âmbito do projeto de pesquisa em Agricultura de Precisão. Apesar disso, procurou-se definir um procedimento de teste e avaliação do protótipo com a finalidade de confirmar alguns dos aspectos críticos do uso do sistema, identificar outros aspectos ainda não detectados e, principalmente, definir e aplicar um procedimento que possa ser adotado para avaliar as novas versões aprimoradas.

Além disso, o protótipo disponível para os testes ainda não contava com um conjunto mínimo de recursos e, portanto, seria avaliado por uma amostra pequena de usuários os quais poderiam apresentar demandas a serem consideradas tanto no projeto do sistema quanto no próprio procedimento de avaliação. Desta forma, os resultados dessa avaliação devem ser úteis tanto no aprimoramento do sistema quanto deste procedimento apresentado.

As respostas das questões dos três questionários elaborados são apresentados em seguida. Os resultados obtidos são apresentados para o conjunto, já que a avaliação elaborada foi aplicada no conjunto dos participantes do teste, sendo assim, suas opiniões e comentários foram registrados em conjunto.

São sintetizados aqui os resultados contendo: perfil dos participantes, dados totalizados através dos questionários pós-teste, comentários dos participantes realizados durante e após os ensaios, além de dados coletados com base na observação direta.

### 7.1 DELINEAMENTO DO PERFIL DOS PARTICIPANTES

Os participantes são as pessoas que fizeram uso dos sistemas analisados durante os testes de usabilidade. É necessário que suas características sejam identificadas com um nível de detalhamento que permita conhecer as características dos que estão utilizando o protótipo. As informações foram obtidas por meio do preenchimento de uma entrevista.

A tabela 2, apresenta os resultados da entrevista sobre perfil do usuário.

Tabela 2 – Perfil do usuário

Grau de instrução do entrevistado			
Graduado: 3	Estudante de graduação	de	Estudante de pós-graduação
Técnico Agrícola			
Sexo do entrevistado			
Masculino: 3		Feminino	
Faixa etária do entrevistado			
18-24	25-34	35-45: 2	Acima de 45: 1
Plataforma computacional			
Windows: 3	Unix	Linux	iMac
Você tem experiência com sistemas computacionais ?			
Sim: 3		Não	
Manuseia com qual frequência sistema computacional ?			
Diariamente: 1	Semanalmente: 1	Quinzenalmente	Mensalmente: 1
Você tem experiência prévia com sistemas de Informação Geográfica?			
Sim: 3		Não	

Os usuários entrevistados são graduados (engenheiros agrônomos), do sexo masculino. Quanto a faixa etária, temos que dois dos entrevistados possuem idade entre 35 e 45 anos e um deles com idade acima de 45 anos.

Em se tratando da plataforma computacional utilizada para trabalho, houve o consenso do uso do Windows, assim como quanto a experiência com sistemas computacionais, já que todos utilizam sistemas em sua profissão. Porém, houve diversidade quanto a frequência do uso de sistemas. Um dos participantes usa com uma frequência mensal, outro semanal e um outro usuário, diariamente.

Quando questionados sobre conhecimento quanto à Sistemas de Informação Geográfica, o resultado foi positivo, já que os três já tiveram contato com um SIG.

## 7.2 OPERAÇÃO DO PROTÓTIPO

Nesta etapa são considerados os pedidos de ajuda e questionamentos levantados pelos usuários quanto à operação do protótipo, a partir de informações coletadas com o auxílio de um formulário, o qual foi subdividido para avaliar as tarefas propostas, de modo a observar a reação do usuário em cada uma dessas tarefas. Os comentários realizados pelos usuários, para as respectivas tarefas, são apresentadas no tópico 'Contribuições para o sistema' e nas 'Conclusões'.

A tarefa de definição dos objetos geográficos não foi questionada devido à sua simplicidade.

A tarefa de preparação do arquivo de dados da variável mostrou-se, como esperado, mais complexa. Os participantes apresentaram dúvidas no processo de escolha de coluna, no MSExcel, para seleção da variável que seria utilizada.

Nas tarefas de armazenamento das amostras para as classes: química e física do solo, biologia e variáveis da planta não foram detectadas dificuldades para realização. O mesmo ocorreu para a tarefa de escolha da amostra armazenada.

Para a tarefa de processamento geoestatístico, na observação da superfície de tendência, não houve dificuldades para o participante compreender o resultado gráfico apresentado. Porém, no momento de utilizar o semivariograma de superfície para estabelecer alguns parâmetros importantes para a etapa seguinte de cálculo de semivariograma experimental, foram manifestadas duas dúvidas. Uma delas foi em relação a operações de modificação da posição de uma elipse, realizadas com movimentos do mouse e a outra em relação ao tamanho da elipse sobre o semivariograma de superfície.

Para a tarefa de ajuste de semivariograma teórico, como previsto pela equipe do projeto de pesquisa, foram manifestadas diversas dúvidas relacionadas, principalmente, com o significado de cada valor utilizado para definir o semivariograma teórico a ser adotado no processo.

Os participantes manifestaram dúvidas quanto à critérios ou regras a serem utilizadas para definir o raio de busca da elipse que define a região do território na qual encontram-se os elementos amostrais que são utilizados na interpolação dum ponto da grade do modelo de superfície a ser produzido.

Para a última tarefa, relacionada com a visualização e interpretação do mapa de diagnóstico, os usuários questionaram a orientação do norte e apresentaram dúvidas a respeito da cor, no mapa de diagnóstico, que se refere ao maior índice, justificada pela ausência de uma legenda eficaz.

### 7.3 USABILIDADE DO PROTÓTIPO

Os resultados obtidos com o preenchimento do questionário quanto a usabilidade do protótipo são muito importantes para verificar a dificuldade que o usuário encontra para utilizá-lo.

A Tabela 3, contabiliza as respostas para item mencionado acima, de acordo com o preenchimento pelo usuário do formulário proposto.

Tabela 3 – Usabilidade do protótipo

ATIVIDADE	muito fácil	fácil	nem fácil nem difícil	diffcil	muito difícil
Localização dos itens de menu associados às tarefas propostas		2	1		
Processo de transformação dos dados usando MSExcel			1	2	
Processo de entrada de dados		3			
Localização das funcionalidades e dos menus de interesse		1	2		
Compreensão da seqüência de ações necessárias para completar a tarefa proposta		3			
Comunicação com o protótipo (terminologia, linguagem, etc.)		3			
Compreensão das mensagens de erro apresentadas		3			
Memorização da seqüência de ações associadas a cada tarefa proposta			3		
Compreensão do manual (roteiro) proposto para operar o protótipo		3			
Uso do protótipo para as tarefas propostas			3		

Fazendo-se referência a localização dos itens de menu associados às tarefas propostas, dois usuários acharam fácil a localização enquanto que um usuário avaliou como: nem fácil, nem difícil.

Quanto ao processo de transformação dos dados usando MSExcel, um usuário achou nem fácil, nem difícil, enquanto que dois consideraram difícil, justificando sua pouca experiência com a atividade. Ainda relacionado com os dados, o processo de entrada desses dados foi considerado como sendo de grande facilidade a execução do processo.

Em relação à localização das funções e dos menus de interesse, dois disseram que se trata de atividade nem fácil, nem difícil, porém, um usuário opinou como sendo fácil a localização das ferramentas.

Em relação à compreensão da seqüência de ações necessárias para completar a tarefa proposta, houve o consenso de ser fácil, justificada pelo auxílio do manual proposto.

Em relação a comunicação com o protótipo e a compreensão das mensagens de erro apresentadas pelo protótipo, houve o consenso em considerar a interface acessível, sendo assim considerado como fácil.

Para a memorização da seqüência de ações associadas a cada tarefa proposta, o nível de dificuldade encontrado foi considerado como nem fácil, nem difícil, considerando o manual proposto necessário ao uso do protótipo.

Em se tratando do manual proposto para operar o protótipo, foi considerado como acessível ao usuário do protótipo, sendo caracterizado como fácil de utilizar.

Finalizando com uma questão relacionado ao uso do protótipo para as tarefas propostas, todos os usuários entrevistados responderam que se trata de algo nem fácil, nem difícil, levando em consideração que a tarefa de ajustamento de semivariograma teórico apresentou um maior grau de complexidade e, portanto, exigiu maior atenção para ser realizada.

## 8. CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho permitem reafirmar a importância da avaliação de protótipos e a necessidade de realizar testes de usabilidade e ergonomia para implementação de um aplicativo que seja adequado ao usuário e, com isso, à sua finalidade. Apesar de vários problemas estarem previstos com antecedência, outros que foram detectados demonstraram que ainda há muito a ser melhorado para que o aplicativo torne-se adequado à sua finalidade. Com base nos resultados são apresentadas algumas das possíveis contribuições para aprimorar o sistema.

### 8.1 CONTRIBUIÇÕES PARA O APRIMORAMENTO DO SISTEMA

Os usuários que realizaram o teste propuseram algumas modificações, quanto a nomenclatura utilizada, ou as ferramentas disponíveis para realizar determinada tarefa, conforme são listadas no Anexo 03.

Na primeira tarefa, baseada na delimitação dos objetos geográficos, os usuários sugeriram que ao invés de usar os termos “Fazenda” e “Talhão” fossem utilizados os termos “Propriedade” e “Gleba”, respectivamente.

Na tarefa seguinte, que consiste na preparação do arquivo contendo uma amostra utilizando o MSExcel, surgiram pequenas dificuldades, justificadas pela pouca experiência no uso do *software*.

Na tarefa seguinte, cujo objetivo é o armazenamento de dados amostrais para seleção do tipo de produção agrícola, foi sugerido que se acrescentasse a cultura de cana-de-açúcar e comentado que o estudo de “Índice de área foliar” seria usado apenas em casos específicos de aplicações no desenvolvimento de trabalhos de pesquisa. A sugestão relacionada com o acréscimo da cultura de cana-de-açúcar decorre da apresentação inadequada da finalidade do sistema, pois para o caso específico do sistema que está sendo avaliado, não cabe esse tipo de cultura.

Na tarefa subsequente, relacionada ao armazenamento de amostras para a análise de Física do solo, não houve nenhuma dificuldade para sua utilização, nem mesmo algum comentário por parte do usuário.

No caso do armazenamento de dados para a análise de Química do solo, foi sugerido que se apresentasse uma lista mais completa de micronutrientes, por se tratar de variável mais específica, resultante de análise de solo. Como exemplo foram sugeridos: zinco, cálcio e magnésio como outros micronutrientes que não estavam previstos no protótipo.

Em relação à análise de Biologia do Solo, sugeriu-se apenas que a mudança do termo “pragas” para o termo “insetos”.

É importante ressaltar que os usuários, apresentada a disposição de um arquivo de entrada do sistema, contendo as amostras, sugeriram a situação em que o operador do sistema não é a mesma pessoa que forneceria as amostras. Nessa situação é de grande importância que o “operador” do sistema tenha conhecimento dos dados a serem analisados para que o produto final seja interpretado de forma mais clara

e objetiva. Sendo assim, foi sugerido que cada arquivo contivesse informações sobre os elementos da amostra. Assim, foi proposto que, na etapa que segue, houvesse a possibilidade do usuário obter informações sobre a amostra armazenada, de modo que, ao obter o resultado, consiga interpretá-lo com maior facilidade. Desta forma, os participantes apresentaram uma sugestão de registrar metadados os quais devem descrever a linhagem dos dados armazenados, qualidade desses dados entre outras características as quais devem ser detalhadas para serem previstas no sistema.

Na tarefa seguinte, que consiste na exploração do semivariograma de superfície, foram apresentadas demandas por informações relacionadas aos comandos do mouse, bem como a informação de como se deseja realizar o ajuste da elipse à disposição dos pixels.

A tarefa relacionada com o ajuste de semivariograma teórico gerou alguns problemas e dúvidas. Uma das questões apresentadas refere-se à geração de semivariograma experimental. Foi colocada a necessidade de uma breve explicação para que o operador adquira uma noção de geoestatística. Essa demanda decorre do fato de que alguns parâmetros de geração de semivariogramas experimentais devem ser definidos através de uma interface, cada modificação de valores de um desses parâmetros provoca uma alteração na disposição do semivariograma experimental. Sendo assim é necessário que se conheça cada um desses parâmetros para que se produza um semivariograma experimental adequado.

Uma outra dificuldade encontrada pelo usuário foi de ajustar um semivariograma teórico ao experimental, pelos controles da interface. A sugestão foi de introduzir um controle de forma parecida ao utilizado no ajuste de elipse ao semivariograma de superfície. Na realidade, essa tarefa bem como a anterior haviam sido previamente identificadas como sendo de grande dificuldade para execução pelo potencial usuário da aplicação. Trabalhos de pesquisa estão sendo conduzidos com a intenção de encontrar alternativas que facilitem ou substituam essas tarefas.

Na tarefa de interpolação por krigagem, a dificuldade encontrada pelos usuários foi semelhante ao do ajuste de semivariograma, pois apresentaram dúvidas sobre o que representa cada parâmetro a ser configurado na interface. É importante que se considere que a imagem gerada pela interpolação será diferente conforme a configuração dos parâmetros solicitados pela interface, justificando a preocupação do usuário em configurar o valor apropriado.

Na última tarefa proposta, que consiste na visualização do mapa de diagnóstico, os usuários sugeriram que uma divisão em menor número de classes de valores pode facilitar a interpretação do mapa. Além disso, foi apresentada a necessidade de uma legenda contendo os valores das classes. Outra observação levantada pelos usuários foi sobre a possibilidade de confeccionar outros mapas de diagnóstico, pelo sistema. Para realizar as análises e interpretações desses conjuntos de mapas seria útil a possibilidade de sobrepor os diversos mapas. De fato, os participantes da avaliação perceberam o grande potencial de realizar análise do conjunto de mapas diagnóstico. Entretanto, o desenvolvimento das funções para essa tarefa constitui um grande desafio que pode envolver a aplicação de técnicas de análise baseadas em visualização, análise estatística de dados multivariados ou outras técnicas as quais ainda não foram pesquisadas. Na verdade a produção de mapas de prescrição deveria ser produzida com base num diagnóstico no qual fosse considerado um conjunto de fatores limitantes do sistema de produção.

A inadequação dos resultados finais apresentados pelo protótipo estava prevista e constitui parte do trabalho que encontra-se em desenvolvimento. Espera-se que a incorporação das funcionalidades relacionadas com a representação cartográfica, especialmente projetada para apresentar mapas diagnóstico destinados ao suporte em processos de tomada de decisão para o manejo localizado de sistemas de produção de soja, tornem o produto final, mapa temático, adequado às necessidades do cliente.

## 8.2 Considerações finais

Os resultados e conclusões deste trabalho de pesquisa constitui referência para o aprimoramento de um sistema de informação geográfica destinado à Agricultura de Precisão.

Conforme foi exposto, o problema da complexidade de interação entre os usuários através de interfaces de um SIG requer uma estratégia de desenvolvimento de projeto que possa contar com o *feedback* do próprio usuário. Sendo assim, o levantamento das necessidades e opiniões dos usuários constitui questão crucial para o sucesso de um projeto de um sistema de informações geográficas. A principal contribuição deste trabalho foi realizar um estudo de avaliação da interação do usuário especializado com um protótipo de um SIG, levando em consideração conceitos de usabilidade e ergonomia.

## 9. BIBLIOGRAFIA

BERNARDI, A. **Apostila de Curso de Extensão Universitária – MFC básico.** <http://www.visualc.com.br>,

BORGES, K., DAVIS, C. **Modelagem de Dados Geográficos.**

Disponível:<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/bdados/index.html>

CAMARA, G., MONTEIRO, A. M. V., CARTAXO, R., PAIVA, J. A. C., **TerraLib, Tecnologia Brasileira de Geoinformação: Para Quem e Para Que?** <http://terralib.dpi.inpe.br/artigo.html>.

CAMARGO, E. C. G. **Desenvolvimento, implementação e teste de procedimentos geoestatísticos,** 1997. <http://dpi.inpe.br/vagner/1999/09.15.16.31>.

CAPELLARI, C. A. **Introdução ao Gnuplot.** Joinville, 2003.

<http://pages.udesc.br/~j6ca/gnuplot/node2.html>

COAD, P., YOURDON, E. **Análise Baseada em Objetos.** Rio de Janeiro. Editora Campus, 1996.

COLEMAN, D., ARNOLD, P. , BODOFF, S. , DOLLIN, C. , GILCHRIST, H. , HAYES, F. , JEREMAES, P. **Desenvolvimento Orientado a Objetos.** Rio de Janeiro. Editora Campus, 1996.

CYBIS, W. A. **Engenharia de Usabilidade: uma abordagem ergonômica.** Laboratório de Utilizabilidade de Informática. Florianópolis, 2003. <http://www.labiutil.inf.ufsc.br/apostila.htm>

DAVIS, C., GILBERTO, G., MONTEIRO, A. M. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro>,

DEUTSCH, C. V., JOURNEL, A. G., GSLIB. **Geostatistical Software Library and User's Guide.** New York. Oxford University Press. 1998.

FARIAS, C. B. A. **Testes de Usabilidade para planejamento de Sistemas Distribuídos de Informações Geográficas na Web.** Campina Grande, 2000. (Dissertação de Mestrado)

FRAISSE, C. **O que é Agricultura de Precisão.**

<http://www.agriculturadeprecisao.com.br/oqueeap.htm>

GONZÁLEZ, M. A. S. <http://www.inf.unisimos.br/~gonzalez/valor/inferenc/teste/testef.html>

HEEMANN, V. **Avaliação ergonômica de interfaces de bases de dados por meio de checklist especializado.** Florianópolis, 1997. <http://www.eps.ufsc.br/disserta97/heemann/>

LANDIM, P. M. B., MONTEIRO, R. C., **Introdução ao GSLIB (Geostatistical Software Library).** UNESP, Departamento de Geologia Aplicada. Rio Claro. 2000. <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>.

LINCOLN, N. **Soil and Water Conservation Research Unit** [http://www.ianr.unl.edu/arslincoln/swcru/PrecAg\\_layout.htm](http://www.ianr.unl.edu/arslincoln/swcru/PrecAg_layout.htm)

LOZANO, F. **O que é software livre?**

<http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.pt.html#exportcontrol>

MANSSOUR, I. H. **Introdução à OpenGL**

<http://www.inf.pucrs.br/~manssour/OpenGL/Introducao.html>

MIRANDA, E. E. **A Embrapa e a Agricultura de Precisão.** <http://www.embrapa.br>,

MONTEIRO, A. M., CAMARA, G., FUKS, S. **Análise Espacial de Dados Geográficos.** <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro>

ROBBI, C. **Sistema para visualização de Informações Cartográficas para Planejamento Urbano.** Tese de Doutorado em Computação Aplicada. São José dos Campos: INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2000.



RUMBAUGH, J., BLAHA, M., PREMERLANI, W., EDDY, F., LORENSEN, W. **Modelagem e Projetos Baseados em Objetos**. Rio de Janeiro. Editora Campus, 1994.

TOSI, F. A. **Sistemas de Informação Geográfica na Agricultura**  
[http://www.agriculturadeprecisao.com.br/artigos/artigo\\_2.htm](http://www.agriculturadeprecisao.com.br/artigos/artigo_2.htm)