



Universidade  
Estadual de  
Londrina

---

PEDRO GUGLIELMI JUNIOR

**APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE PREVISÃO DE  
SAFRAS AGRÍCOLAS ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE  
TECNOLOGIAS DE GEOPROCESSAMENTO E  
AMOSTRAGEM**

---

LONDRINA  
2011

PEDRO GUGLIELMI JUNIOR

**APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE PREVISÃO DE  
SAFRAS AGRÍCOLAS ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE  
TECNOLOGIAS DE GEOPROCESSAMENTO E  
AMOSTRAGEM**

Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Geografia

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo C. Pereira Neto  
Universidade Estadual de Londrina

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Nilza Aparecida Freres Stip  
Universidade Estadual de Londrina

---

M<sup>a</sup>. Lorean Voigt Gair  
Secretaria de Estado da Agricultura e do  
Abastecimento do Paraná

Londrina, 13 de dezembro de 2011.

PEDRO GUGLIELMI JUNIOR

**APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE PREVISÃO DE  
SAFRAS AGRÍCOLAS ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE  
TECNOLOGIAS DE GEOPROCESSAMENTO E  
AMOSTRAGEM**

Trabalho de conclusão do curso de bacharelado  
em geografia da Universidade Estadual de  
Londrina - UEL

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Coelho Pereira  
Neto

LONDRINA

2011

## ABSTRACT

The constant changes in the form of production and in the agricultural economy makes the dynamics of agricultural production very agile. Agencies working in the crop forecast eventually come across with scenery that oscillates rapidly under mining the ability to follow those changes, requiring new ways to obtain information for analysis. Seeking an objective methodology for measuring the use and occupation of rural land, this work aims to test and refine techniques and methodologies of crop forecast based on the use of computer systems, the use of satellite image and applied statistics segmentation and sampling of the ground to propose a economically viable scientific methodology to the survey of crop. Through the software SPRING, Google Earth and GPS TrackMaker was possible to calculate the areas occupied by the cultivation of wheat, corn and grazing of Sertanópolis during the winter 2010/2011, visiting thirty-one areas previously defined statistically through sampling panel. This work also made a survey of operating costs indicating there is possibility of an expansion economically viable of the expansion of the cutting space to other areas.

**keywords:** Remote sensing, geographic process, crop forecast, simple extract sample.

## RESUMO

As mudanças constantes na forma de produção e na economia agrícola acabam por tornar a dinâmica da produção agrícola muito ágil. Órgãos que atuam na previsão de safra agrícola acabam por se deparar com um cenário que oscila rapidamente comprometendo a capacidade de acompanhar as mudanças, necessitando de novas formas de obterem as informações para a sua análise. Buscando uma metodologia objetiva de mensuração do uso e ocupação do solo rural, este trabalho busca testar e aperfeiçoar técnicas e metodologias de previsão de safra agrícola baseadas na utilização de sistemas computacionais, na utilização de imagens de satélite e na estatística aplicada a segmentação e amostragem do solo para propor uma metodologia científica economicamente viável para levantamento de safra agrícola. Através dos softwares SPRING, Google Earth e GPS TrackMaker foi possível calcular as áreas ocupadas com as culturas de trigo, milho de inverno e pastagem no município de Sertanópolis durante o inverno da safra agrícola 2010/2011, visitando trinta e uma áreas previamente definidas estatisticamente através de painel amostral. Este trabalho também fez o levantamento de custo operacional, indicando que há possibilidade economicamente viável de expansão do recorte espacial a outros municípios.

**Palavras-chave:** Sensoriamento remoto, geoprocessamento, previsão de safra agrícola, estrato amostral simples.

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	9
2.1 OBJETIVO GERAL.....	9
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	9
<b>3 JUSTIFICATIVA</b> .....	10
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	14
4.1 SENSORIAMENTO REMOTO .....	14
4.2 SATÉLITES .....	16
4.3 MODELO ESTATÍSTICO .....	17
4.4 SOFTWARES.....	19
4.4.1 Spring .....	19
4.4.2 Google Earth.....	20
4.4.3 GPS TrackMaker .....	20
<b>5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	22
5.1 IMAGEM LANDSAT.....	23
5.1.1 Registro da Imagem.....	23
5.1.2 Correção Atmosférica.....	24
5.2 TEMPORALIDADE .....	24
5.3 LIMITES DO RECORTE ESPACIAL.....	25
5.4 GRADE DE SEGMENTAÇÃO .....	25
5.5 ESTRATO AMOSTRAL .....	27
5.6 DEFINIÇÃO DAS IMAGENS DOS SEGMENTOS .....	31
5.7 DEFINIÇÃO DO USO DO SOLO .....	35
5.8 MATERIAL DE CAMPO .....	35

5.8.1 Overlay .....	36
5.8.2 Equipamentos Utilizados .....	37
5.9 EXECUÇÃO DO TRABALHO A CAMPO.....	39
5.10 Compilação dos Dados Coletados.....	40
<b>6 CUSTO DA PESQUISA.....</b>	<b>44</b>
<b>7 RESULTADOS OBTIDOS.....</b>	<b>46</b>
7.1 Cálculo Do Uso E Ocupação Do Solo.....	46
7.2 Comparações com outras fontes de dados.....	46
<b>8 POSSIBILIDADES FUTURAS.....</b>	<b>51</b>
<b>9 CONTRIBUIÇÃO PARA A CIÊNCIA GEOGRÁFICA.....</b>	<b>52</b>
<b>10 CONCLUSÃO.....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população mundial e o aumento da demanda por cereais com finalidade alimentar ou energética, a tomada de decisão e acompanhamento da produção agropecuária torna-se uma operação cada vez mais complexa e dispendiosa. Nesse sentido, é imprescindível o desenvolvimento de métodos de previsão e acompanhamento de safras mais eficazes, visando um planejamento mais equilibrado com a realidade, para que problemas de escassez ou excesso de produção sejam mitigados através de medidas tomadas com antecedência, precisão e a custos compatíveis com o orçamento das entidades envolvidas.

Para isso, foram desenvolvidas ao longo do tempo diversas metodologias para acompanhar o setor agrícola, e uma das mais estudadas atualmente são as que empregam modelos estatísticos. A idéia de se utilizar modelos estatísticos com a finalidade de estimar a safra agrícola não é nova; diversos países utilizam modelos variados para estimar sua safra agrícola há décadas.

Nas primeiras tentativas de se fazer cálculo de previsão de safras foram utilizados cadastros e informações coletadas diretamente das propriedades rurais através de entrevistas; posteriormente, o processo evoluiu com a possibilidade de se fazer o mapeamento das áreas com a utilização de fotos aéreas, possibilitando uma visualização da realidade da área a fim de confirmar ou não os dados coletados, onde inclusive já se podia mensurar a área pesquisada através de grades de pontos. Isso se fez presente no Brasil através da PREVS (Pesquisa Objetiva de Previsão de Safras), em que o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) organizou e incentivou diversas parcerias com instituições estaduais a fim de testar modelos estatísticos de previsão de safra na década de 1990.

O Paraná foi um dos estados brasileiros em que o projeto PREVS tomou forma e chegou a ser aplicado a campo, obtendo resultados promissores; mas a recorrente falta de recursos, tanto federais quanto estaduais, para a atualização das imagens aéreas utilizadas para o sensoriamento remoto, acabou por inviabilizar essa metodologia.

Com o atual dinamismo do setor agrícola presente no norte do Paraná, a obtenção de dados quanto à produção agropecuária a cada novo ciclo de safra exige métodos estimativos constantemente aprimorados, e o modelo estatístico aplicado na PREVS ainda pode ser reformulado e aplicado à realidade orçamentária do Estado, utilizando-se a



tecnologia desenvolvida pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) na obtenção e distribuição de imagens de satélite.

Nesse sentido, as áreas da Geografia e da Agronomia devem trabalhar juntas propiciando o desenvolvimento de técnicas de pesquisa da produção no campo que proporcionem um melhor entendimento dos processos atuantes localmente, estudando como está se produzindo o espaço.

Esse trabalho lança uma proposta de pesquisa no município de Sertãoópolis-PR, em que serão utilizadas técnicas já testadas e que serão aprimoradas, visando à otimização de um modelo de pesquisa de previsão de safra que contemple o melhor resultado possível perante um orçamento público sempre focado em sua utilização racional.

A técnica empregada utilizou imagens de satélite, metodologia de construção de painel amostral através de análise probabilística e amplos recursos computacionais, além de contar com a experiência deste autor/pesquisador em quase vinte anos de trabalho como técnico agropecuário da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná, prestando serviço no Departamento de Economia, onde atua na área de previsão de safra, acompanhamento de culturas, levantamento de preços e produção agropecuária.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Aplicar e aprimorar uma metodologia de previsão de safras através da utilização de tecnologias de geoprocessamento e amostragem no município de Sertanópolis-PR.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este projeto procura contribuir na busca de dados objetivos a fim de servirem como balizamento com os métodos subjetivos de coleta de dados de safra atualmente utilizados (IBGE, 2002), possibilitando assim uma melhor análise de eventuais discrepâncias dos dados subjetivos coletados, e:

- Testar métodos alternativos de pesquisa de uso do solo;
- Estimar a área agrícola do município que pode estar disponível para cultivo;
- Testar um modelo estatístico/metodológico para a coleta de informações através de análise de imagens de satélite, que possa abranger diversos municípios no futuro;
- Testar ferramentas de software e metodologias de trabalho no tratamento de imagens de satélite;
- Desenvolver uma metodologia de localização de áreas no campo, o mais racional possível, economizando recursos e tempo.

### 3 JUSTIFICATIVA

O fim do ciclo do café na economia brasileira e a modernização do campo a partir da década de 1960, onde culturas temporárias passaram a assumir pouco a pouco o espaço deixado pelo café e pelas pastagens, levaram a transformação do antigo modo de produção rural em atividades empresariais, onde a aplicação de alta tecnologia gera constantes mudanças na produtividade e no custo de produção das principais culturas.

Outrora o café foi a principal cultura do norte do Paraná; logo a soja e o trigo tomam o seu lugar; áreas tradicionais de pastagens agora são largamente utilizadas no cultivo de grãos; hoje, a oportunidade econômica de exportação gera a expansão do cultivo da cana. Esses fatores são somente alguns dos que constantemente acabam por modificar a forma de produção no campo, e a área anteriormente destinada a esta produção.

Órgãos de coleta de informação governamentais como CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), SEAB (Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná) através do DERAL (Departamento de Economia Rural), IBGE e EMATER (Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural), baseiam suas pesquisas de safra em coletas de informações diretamente com técnicos de cooperativas e agricultores, mas fazem isso de forma subjetiva, isto é, as informações baseiam-se na memória e nos parâmetros do conhecimento empírico do informante. Como isso é muito singular ao indivíduo, não obedece a um caráter científico/metodológico comprovadamente eficaz, e nem sempre está isento da influência de suas concepções e interesses, torna-se fortemente sujeito a falhas.

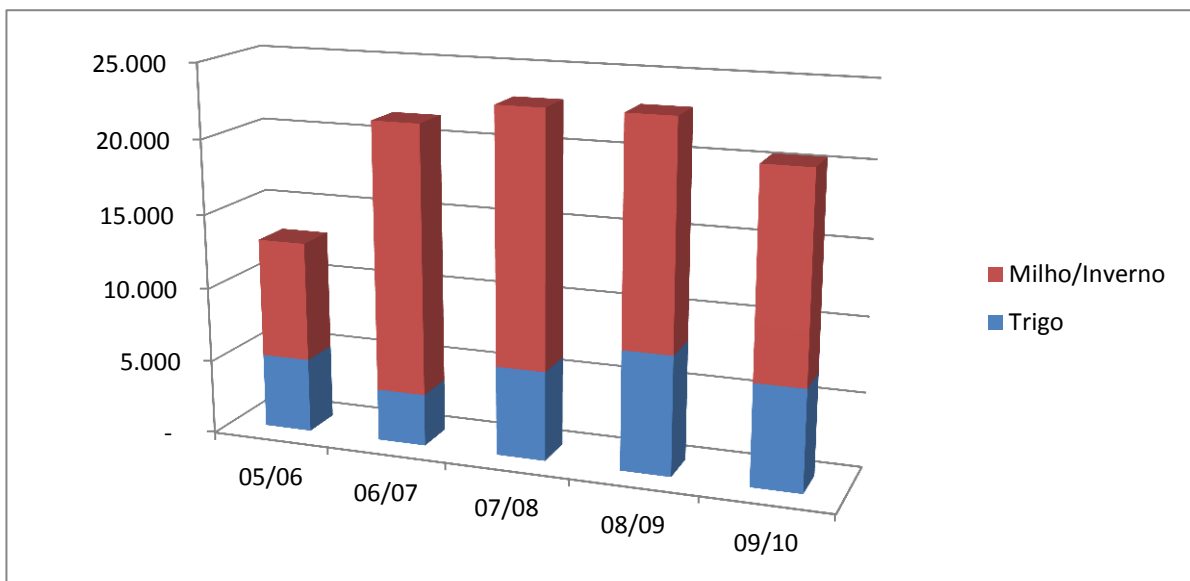
O IBGE realiza, através do censo, uma importante pesquisa objetiva de produção no campo, mas a carência de uma periodicidade maior desta pesquisa frente à velocidade das mudanças acaba por renegá-la a uma rápida defasagem.

Também se deve considerar que os métodos subjetivos utilizados hoje, não conseguem acompanhar o novo ritmo do campo empresarial e começam a suscitar dúvidas quanto a sua exatidão e mesmo quanto a sua capacidade de atender a crescente necessidade do setor por informações rápidas, objetivas e precisas diante de uma estrutura que não recebe os recursos necessários pela sua importância junto à economia brasileira (Adami, 2004, p. 23 e 29).

Neste cenário, a área urbana pode acabar por sofrer um incremento em sua complexidade e tamanho, o que inevitavelmente, se confirmado para o município de

Sertanópolis, se traduzirá em diminuição da área destinada à produção agrícola. Portanto o acompanhamento desses fatores se torna imprescindível.

Analisando os dados de área de cultivo com as principais culturas de inverno no município de Sertanópolis na figura 1, pode-se perceber que com o aumento da área cultivada com trigo e milho de inverno, provavelmente antigas áreas que costumavam ser deixadas em pousio durante o inverno, ou ocupadas com pastagem, passam a ser trabalhadas como forma de se melhorar a rentabilidade da terra e, assim, técnicos de extensão rural, acostumados com a quantificação empírica dessa produção, tendem a não acompanhar essas mudanças.



**Figura 01:** Evolução da área ocupada com milho de inverno e trigo no município de Sertanópolis (área em ha).

Fonte: Seab/Deral.

Quando se analisa Almeida (1997, p. 39), Gliessman (2000, p. 35) e Ross (1996, p. 475), chega-se à conclusão que a economia agrícola foi muito afetada quando se verificou a necessidade de reestruturar o modo de produção rural. A aquisição de maquinário especializado, fertilizantes, agrotóxicos e outros insumos que envolvem o sistema produtivo moderno obrigaram o pequeno produtor a fazer empréstimos no sistema financeiro. Pequenos agricultores rurais acostumados com a cultura de café que, até então, era predominante no campo e que não necessitava de todo este aparato para sua produção, sofrem com o endividamento, pois não conseguem produzir no modelo mecanizado implantado. Isso

acarretou uma propensão à venda das propriedades e, assim, alterou-se a estrutura fundiária do município, caminhando para a concentração de terras pelos grandes produtores (OLIVEIRA, 2011).

Com a criação de uma amostra estatística e a realização da pesquisa durante alguns anos, será possível mensurar a ocorrência dessas mudanças.

Assim, acredita-se que um modelo amostral de pesquisa, semelhante ao experimentado na pesquisa PREVS, utilizando imagens de satélite atualizadas, contribui com a criação de uma metodologia eficiente de coleta e análise da realidade do campo, principalmente na sua espacialização.

Obtendo-se um estrato amostral solidamente constituído, poderá se utilizar este modelo por vários anos, possibilitando uma economia de recursos do executor, e proporcionará uma ampla possibilidade de parcerias entre órgãos com necessidades de informações distintas.

O município de Sertanópolis foi escolhido para a execução desta pesquisa devido a alguns fatores inerentes a ele:

- Economia baseada na agricultura, com grande demanda de informações desse setor;
- Conhecimento prévio da região pelo pesquisador;
- Agricultores com nível técnico agrônomo elevado;
- Região com relevo levemente ondulado, não propiciando problemas de alteração de radiância dos alvos devido à topografia;
- Grande aptidão no cultivo de cereais;
- O município se apresenta como um tradicional laboratório a inclusão de novas tecnologias agrícolas;
- Proximidade com o município de Londrina, reduzindo custos com deslocamento do pesquisador.

Basicamente as culturas de grande escala cultivadas no município de Sertanópolis se dividem em dois períodos quanto a sua época de plantio:

- Safra de verão: com cultivo predominantemente de soja e milho, e que tem seus trabalhos desenvolvidos entre outubro e maio.

- Safra de inverno: com cultivo predominantemente de milho de inverno e trigo com período de cultivo que vai de junho a outubro.

Visando evitar os problemas de interpretação de reflectância devido a fatores climáticos, físicos ou de similaridade de reflectância entre culturas distintas, a pesquisa buscou uma abordagem direta do pesquisador no campo, onde ele definirá o uso do solo ao invés da utilização de classificadores automáticos que podem apresentar uma baixa exatidão na classificação por se basearem em interpretação de variação de tom na imagem. Mas isso não impede que futuramente os dados de uso do solo coletados a campo possam ser utilizados como balizamento das ferramentas dos classificadores automáticos para comparar com os resultados obtidos pela metodologia de estrato amostral, obtendo-se assim a possibilidade de contraposição de diferentes metodologias.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 SENSORIAMENTO REMOTO

O Sensoriamento Remoto (SR) se desenvolveu por causa da necessidade de se obter dados militares sobre localização de tropas e edificações inimigas, quando no início eram utilizados pombos com câmeras presas em seu peito para obter fotos de uma determinada área. Posteriormente, essas aves foram substituídas por balões e mais recentemente, por aviões (FIGUEIREDO, 2005).

No Brasil, no ano de 1971, o IBC (Instituto Brasileiro do café) definiu em conjunto com a FAO (Food and Agricultural Organization) um programa que visava a utilização de um sistema de televisão aerotransportado de alta resolução que permitiria a análise automática dos dados, nascendo assim no Brasil a fotointerpretação de dados, que objetivava o estudo de danos causados por geadas, doenças incidentes nas lavouras e a quantificação da área cultivada, formando um inventário.

Dias após a geada de 1975 que atingiu severamente os cafezais do norte do Paraná, o Departamento de Sensoriamento Remoto do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), realizou um estudo visando à avaliação dos prejuízos causados por essa geada no noroeste do estado. Este trabalho se baseou na interpretação de fotos aéreas geradas em infra-vermelho falsa-cor em escala de 1:21.000. Com esta metodologia, foi possível mensurar as áreas afetadas pela geada tanto em lavouras de café como de trigo.

Diversos pesquisadores passaram a utilizar a interpretação de fotos aéreas ou de imagens de satélite na mensuração de áreas cultivadas, estágio de desenvolvimento ou na interpretação de prejuízos causados por fatores climáticos nas lavouras, dentre os quais se pode citar Pino (1999), Crepani (2002), e Adami (2004) entre outros pesquisadores que trabalharam o assunto.

O Sensoriamento Remoto (S.R) se aprimorou a partir da década de 1970 com o lançamento dos satélites de recursos naturais terrestres. Os satélites apesar de demandarem um grande investimento em sua construção e em seu lançamento, propiciam uma imagem a cada passagem pelo objeto de pesquisa, o que acaba barateando a obtenção das imagens em relação às fotos aéreas. Uma aeronave ao obter uma imagem com algum tipo de

distorção deve retornar ao ponto para que seja obtida uma nova imagem, já o satélite, por estar em órbita ao redor da Terra, obtém essa imagem a cada passagem.

Figueiredo (2005) também relembra que o SR obtido através de satélites só foi possível graças ao desenvolvimento de quatro tecnologias essenciais: sensores mais precisos na obtenção das imagens; sistema de telemetria para a transmissão dos dados; sistemas de processamento onde são utilizados softwares e hardware para o armazenamento e processamento dos dados e sistemas de lançamento de foguetes.

Uma das principais dificuldades encontradas na utilização de imagens de satélite se prende aos fatores naturais atuantes na refletância, que podem confundir o pesquisador e influir no resultado do trabalho.

Kimes (et al.,1984) conclui em seu trabalho que a distribuição da refletância da vegetação muda drasticamente em função da posição solar, isto é, a distribuição da refletância direcional das culturas com cobertura total é geralmente um hemisfério com refletância mínima próxima ao nadir (próximo ao solo) e uma refletância aumentando com o aumento do ângulo de visada lateral. Esse padrão tende a ser simétrico conforme se aumenta o ângulo até o Zênite (área superior da planta). As culturas com cobertura parcial mostram uma grande variabilidade da refletância direcional em relação às culturas com cobertura total, e a distribuição da refletância pode mudar drasticamente. Com o aumento do ângulo de visada lateral, o sensor detecta uma porção mais alta de vegetação (pouco refletora no visível) em relação a proporção mais baixa de solo (mais refletor no visível). Ainda, segundo ele, em todas as condições de iluminação, por causa da estrutura geométrica da folhagem, o fluxo solar espalhado pelos componentes é máximo no topo da folhagem e diminui na sua parte inferior. Assim, o resultado é um aumento da refletância com o aumento do ângulo de visada lateral, devido ao aumento no campo de visada da proporção de componentes superiores da folhagem que espalham a maior parte da radiação solar. A proporção de componentes inferiores da folhagem que dissipa a menor quantidade de fluxo solar diminui. A consequência é que a taxa de variação da refletância com o ângulo de visada lateral deveria ser maior quando o sol esta perto do horizonte e mínimo com o sol próximo do zênite.

Em conjunto com o desenvolvimento da eletrônica, diversos softwares foram desenvolvidos para facilitar o tratamento das imagens disponibilizadas, e dentre eles hoje pode-se encontrar os classificadores automáticos. Os classificadores automáticos são softwares que se prestam à extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos e são utilizados em S.R. para mapear áreas da superfície terrestre que correspondem aos temas de interesse. Geralmente os classificadores automáticos podem ser



divididos conforme a forma de classificação que empregam; sendo “pixel a pixel” ou “por regiões”.

Holben e Justice (1981), atentam para a influência do relevo na refletância das culturas. A diferença de radiância entre uma superfície horizontal e uma superfície inclinada com mesma cobertura vegetal fornece uma medida do efeito topográfico. Eles mostraram também que o efeito topográfico na resposta do sensor varia consideravelmente em função da elevação solar.

#### 4.2 SATÉLITES

Existem várias séries de satélites de S.R. em operação, dentre os quais se pode citar: LANDSAT, SPOT, CBERS, IKONOS, QUICKBIRD e NOAA. Os satélites das cinco primeiras séries são destinados ao monitoramento e levantamento dos recursos naturais terrestres, enquanto que os satélites NOAA fazem parte dos satélites meteorológicos, destinados principalmente aos estudos climáticos e atmosféricos, mas também são utilizados no SR.

A série LANDSAT teve início na segunda metade da década de 60, a partir de um projeto desenvolvido pela NASA (sigla em inglês de National Aeronautics and Space Administration; Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica), também conhecida como Agência Espacial Americana e dedicado exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres. Essa missão foi denominada Earth Resources Technology Satellite (ERTS) e em 1975 passou a se denominar Landsat. O sistema LANDSAT, foi o primeiro sistema a oferecer imagens sistematizadas em média resolução, e teve suas atividades iniciadas em 1972. O último da série, o LANDSAT 7 é equipado com os sensores ETM (Enhanced Thematic Mapper) e PAN (Pancromático), o que lhe proporciona uma resolução de até 15 metros pelo sensor PAN, e de 30 metros no ETM (Figueiredo 2005, p.3).

Figueiredo (2005) esclarece que cada sistema sensor tem uma capacidade de definição do tamanho do pixel conforme sua capacidade de captação, o que corresponde a menor parcela imageada, e que o tamanho do pixel é denominado de resolução espacial. As imagens LANDSAT 5 e 7 têm resolução espacial de 30 m no sensor PAN, a resolução espacial do SPOT é de 20 m e a do NOAA é de 1100 m. Quanto menor a dimensão do pixel,

maior é a resolução espacial da imagem. Imagens de maior resolução espacial têm melhor poder de definição dos alvos terrestres.

Já o sistema CBERS foi desenvolvido através de uma parceria entre o Brasil e a China, e tinha como objetivo o monitoramento de áreas muito grande dos dois países. No início, o acordo só contemplava o lançamento de dois satélites, CBERS-1 e CBERS-2; mas em 2002 o sucesso do empreendimento propiciou mais tarde, o lançamento dos CBERS-2B e o projetado CBERS-3 e 4 (Figueiredo, 2005).

O satélite CBERS possui um conjunto de sensores ou instrumentos – WFI (Câmera de Amplo Campo de Visada), CCD (Câmera Imageadora de Alta Resolução), IRMSS (Imageador por Varredura de Média Resolução), e HRC (Câmera Pancromática de Alta Resolução). O sensor CCD possui resolução de 20 metros e têm aplicação voltada a identificação de áreas de florestas, alterações florestais em parques, reservas, florestas nativas ou implantadas, quantificações de áreas, sinais de queimadas recentes, identificação de campos agrícolas, quantificação de áreas, monitoramento do desenvolvimento e da expansão agrícola, quantificação de pivôs centrais, auxílio em previsão de safras, fiscalizações diversas, etc. (Figueiredo, 2005).

#### 4.3 MODELO ESTATÍSTICO

O emprego de métodos estatísticos como metodologia de previsão de safras agrícolas através de dados coletados no S.R. foi primeiramente empregado no Brasil pelo Projeto de Pesquisa de Previsão e Acompanhamento de Safras (PREVS) (FAO, 1998). Correspondendo a descrição em IBGE (2004), o projeto PREVS teve início em 1986 como parte do Programa de Aperfeiçoamento das Estatísticas Agropecuárias, se desenvolveu com o aporte de recursos provenientes do BIRD até 1993, tendo a Secretaria de Planejamento, Orçamento e Coordenação da Presidência da República como responsável pela dotação orçamentária e pela avaliação técnica do projeto. O projeto conduzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, contou com a participação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, através de um convênio de cooperação técnica.

As linhas básicas metodológicas foram aplicadas em pesquisa piloto, que culminou com a realização da primeira Pesquisa de Previsão de Safras - PREVS, do Estado

do Paraná, no primeiro trimestre de 1987. Com a experiência adquirida foram realizadas outras pesquisas também até 1990, nos Estados de Santa Catarina, São Paulo e no Distrito Federal.

A metodologia utilizada no projeto foi basicamente a mesma empregada pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos nas suas pesquisas agrícolas (JuneEnumerativeSurvey e DecemberEnumerativeSurvey), e objetivou a melhoria da produção das estatísticas agropecuárias brasileiras, através da operacionalização de um sistema de coleta de dados baseado em métodos probabilísticos.

Operacionalmente a PREVS foi conduzida pela Coordenação de Agropecuária - COAGRO da Diretoria de Pesquisas - DPE, que se encarregou do delineamento estatístico e pela Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais - CREN da Diretoria de Geociências - DGC, que tratou da construção e manutenção dos painéis de amostras de áreas.

O projeto teve como característica o desenho probabilístico, construção de painel de amostragem de áreas; seleção de amostra probabilística, aplicação de estimadores por expansão direta e de painéis múltiplos (Mueller et al., 1988, apud ADAMI, 2005). Apesar de bem sucedido, o projeto ficou inviável perante o custo das imagens fotogramétricas e foi suspenso em 2000.

Adami (2003, 2004, 2005), tendo trabalhado na PREVS empregada no Paraná, desenvolve nos referidos trabalho uma metodologia de emprego de fotos de satélite em conjunto com métodos estatísticos para a elaboração de um painel amostral visando à simplificação do trabalho de previsão de safras e dando maior confiabilidade aos meios de obtenção de dados de safras.

O referido autor utiliza de estratificação da área de pesquisa como premissa de obtenção de um estrato amostral, e é esse modelo que se pretende testar no presente trabalho como forma de aprimorar o método de previsão de safras agrícolas.

Para este trabalho, utilizou-se a metodologia de Barbetta (2008), para se estabelecer o dimensionamento da amostra a ser trabalhada na pesquisa por ser simples e de fácil aplicação.

#### 4.4 SOFTWARES

Durante a realização da construção do painel amostral e durante a análise dos resultados obtidos, foi necessária a utilização de alguns softwares.

##### 4.4.1 Spring

O software SPRING é um SIG (Sistema de Informações Geográficas) com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais. É um projeto do INPE(Instituto Nacional de Pesquisas espaciais) / DPI (Divisão de Processamento de Imagens) com a participação da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária)/CNPTIA - Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para Agricultura, IBM Brasil (International Business Machines) - Centro Latino-Americano de Soluções para Ensino Superior e Pesquisa, TECGRAF - PUC Rio (Pontifícia Universidade Católica) - Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica da PUC-Rio e PETROBRÁS (Petróleo Brasileiro S/A)/CENPES - Centro de Pesquisas "Leopoldo Miguez", além de contar com apoio financeiro do CNPq (Petróleo Brasileiro S/A), através dos programas RHAE e PROTEM/CC (projeto GEOTEC). O projeto SPRING tem como objetivo construir um sistema de informações geográficas para aplicações em Agricultura, Floresta, Gestão Ambiental, Geografia, Geologia, Planejamento Urbano e Regional, tornar amplamente acessível, para a comunidade brasileira um SIG de rápido aprendizado, fornecer um ambiente unificado de Geoprocessamento e S.R. para aplicações urbanas e ambientais, ser um mecanismo de difusão do conhecimento desenvolvido pelo INPE e seus parceiros, sob forma de novos algoritmos e metodologias (SPRING, 2011).

#### 4.4.2 Google Earth

O software Google Earth é um programa de computador desenvolvido e distribuído pela empresa americana Google cuja função é apresentar um modelo tridimensional do globo terrestre, construído a partir de mosaico de imagens de satélite obtidas de fontes diversas, imagens aéreas (fotografadas de aeronaves) e GIS 3D. Desta forma, o programa pode ser usado simplesmente como um gerador de mapas bidimensionais e imagens de satélite ou como um simulador das diversas paisagens presentes no Planeta Terra. Com isso, é possível identificar lugares, construções, cidades, paisagens, entre outros elementos. O programa é similar, embora mais complexo, ao serviço também oferecido pelo Google conhecido como Google Maps. Anteriormente conhecido como Earth Viewer, o Google Earth foi desenvolvido pela Keyhole, Inc, uma companhia adquirida pelo Google em 2004. O produto, renomeado de Google Earth em 2005, está disponível para uso em computadores pessoais. O programa está disponível em duas diferentes licenças: Google Earth, a versão grátis, mas com funções limitadas; e o Google Earth Pro (\$400 por ano) (ANDRADE; MEDINA 2007).

Atualmente, o programa permite girar uma imagem, marcar os locais que o usuário conseguiu identificar para visitá-los posteriormente, medir a distância entre dois pontos e até mesmo ter uma visão tridimensional de uma determinada localidade. No mês de maio de 2006 as imagens de satélite sofreram uma atualização e agora uma grande parte do Brasil já está em alta resolução. Mesmo pequenas cidades encontram-se disponíveis em detalhes.

O Google Earth faz a cartografia do planeta, agregando imagens obtidas de várias fontes, incluindo imagens de satélite, fotografia aérea, e sistemas de informação geográfica sobre um globo em 3D.

#### 4.4.3 GPS TrackMaker

É um software para computador criado e distribuído pela Geo Studio Tecnologia Ltda., com sede em Belo Horizonte - MG que possibilita entre outras funções,

criar polígonos, rotas e trilhas, assim como pontos georeferenciados no mapa. Em sua versão paga também possibilita o cálculo de área e o georeferenciamento de imagens. Todas as informações podem ser importadas do receptor GPS da marca Garmin, ou enviadas a ele, transformando este software no principal comunicador entre o computador e o receptor GPS.

## 5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A área de estudo escolhida como recorte espacial é o município de Sertanópolis-PR, abrange uma área de 505,528 km<sup>2</sup>, localizado ao norte do estado do Paraná (figura 2), mais precisamente com centro urbano nas coordenadas 23°03'32"S e 51°02'09"W, faz parte da Meso Região Norte Central Paranaense da Micro Região de Cornélio Procópio. Sua altitude atinge 320 metros do nível do mar, e têm clima classificado como Cfa (temperado subtropical segundo a classificação de Köppen). Sua população apresenta IDH em torno de 0,781 segundo o PNUD/2000 do IBGE, e PIB em torno de 230 milhões de reais pela estimativa IBGE em 2008, com PIB per capita de R\$14.378,48 segundo a mesma fonte. Ao norte é delimitado pelo município de Primeiro de Maio, a leste pelo rio Paranapanema, a oeste pelos municípios de Cambé, Bela Vista do Paraíso e Londrina e ao sul pelo município de Ibiporã. O município de Sertanópolis localiza-se no terceiro planalto paranaense (Ministério da Agricultura, 1981).



**Figura 02:** Localização do município de Sertanópolis-PR.  
Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Sertanopolis>

## 5.1 IMAGEM LANDSAT

Como em primeiro momento se havia planejado basear toda a pesquisa sobre uma imagem de satélite, conforme feito por Adami (2003), e com o recorte espacial definido (município de Sertanópolis), foi adquirido junto ao INPE algumas imagens de satélites que contemplavam o recorte alvo da pesquisa. Depois de uma análise destas imagens, foi selecionado uma imagem datada de 15 de julho de 2011 do satélite Landsat 5 obtida pelo sensor TM (ThematicMapper), com resolução espacial de 30 metros onde se utilizou as bandas 3 (vermelho), 4 (infravermelho próximo) e 5 (infravermelho médio).

Esta imagem foi selecionada devido ao fato de apresentar pouca cobertura de nuvens, de ser uma imagem recente a data de início dos trabalhos em campo e assim poder representar a refletância das lavouras de inverno cultivadas no município. Foi tratada com a finalidade de corrigi-la radiométrica e atmosféricamente, de modo linear e uniforme para todos os pixels, não alterando a posição relativa dos mesmos no espaço de atributos, querem eles estejam representados em número digital, radiância ou reflectância.

### 5.1.1 Registro da Imagem

O registro de imagem compreende uma transformação geométrica que relaciona coordenada de imagem com coordenadas de um sistema de referência, segundo alguma projeção cartográfica.

O processo de registro é feito a partir de equações polinomiais de 1º ou 2º graus ajustadas pelo uso de pontos de controle da imagem referência e da imagem que será registrada. Para a utilização do polinômio de 1º grau são necessários, no mínimo, três pontos (Fonseca, 2000); no caso da imagem utilizada, foram utilizados quatro pontos de controle através do software SPRING.



### 5.1.2 Correção Atmosférica

Segundo a recomendação de Adami (2003, p.41-43), realizou-se a correção atmosférica. Esta consiste no emprego da técnica da Subtração do Pixel Escuro (SPE), ou DOS (darkobjectsubtraction). A técnica SPE desenvolvida por Chavez (1988) realiza a estimativa do espalhamento para as bandas, com ganho e intercepto normalizados, a partir de um modelo de espalhamento atmosférico relativo que utiliza como valor de entrada o espalhamento de apenas uma banda. Esse método considera que existem alvos escuros na imagem, em geral sombras da topografia ou de nuvens, que deveriam apresentar um valor muito baixo de número digital na imagem, equivalente a cerca de 1% de reflectância (Chavez, 1988). Entretanto, o valor do pixel mais escuro encontrado na imagem é geralmente superior a esse valor, devido ao espalhamento atmosférico, e cuja maior interferência ocorre nos comprimentos de onda mais curtos.

## 5.2 TEMPORALIDADE

Segundo dados do DERAL, em 15 de julho de 2011, na região de Sertanópolis as lavouras de milho de inverno e trigo se encontravam no estágio evolutivo apresentado na tabela 1:

**Tabela 01:** Estágio e condições das lavouras na datação da imagem de satélite.

CULTURA	% PLANTADO	% COLHIDO	CONDIÇÕES DAS LAVOURAS			% GERM.	% DESENV.	% FLOR.	% FRU.	% MAT.
			RUIM	MÉDIO	BOM					
MILHO	100	0	40	60	0	0	0	10	80	10
TRIGO	100	0	21	49	0	0	0	55	45	

Fonte: SEAB/DERAL-NR. de Londrina

Portanto, as principais culturas alvo da pesquisa estavam em pleno desenvolvimento durante a aquisição da imagem, propiciando uma boa refletância das lavouras.

### 5.3 LIMITES DO RECORTE ESPACIAL

Para que se identificassem os limites do recorte espacial, foi adquirido no site do IBGE, a Malha Municipal Digital com as divisas municipais em formato digital “.shp”.

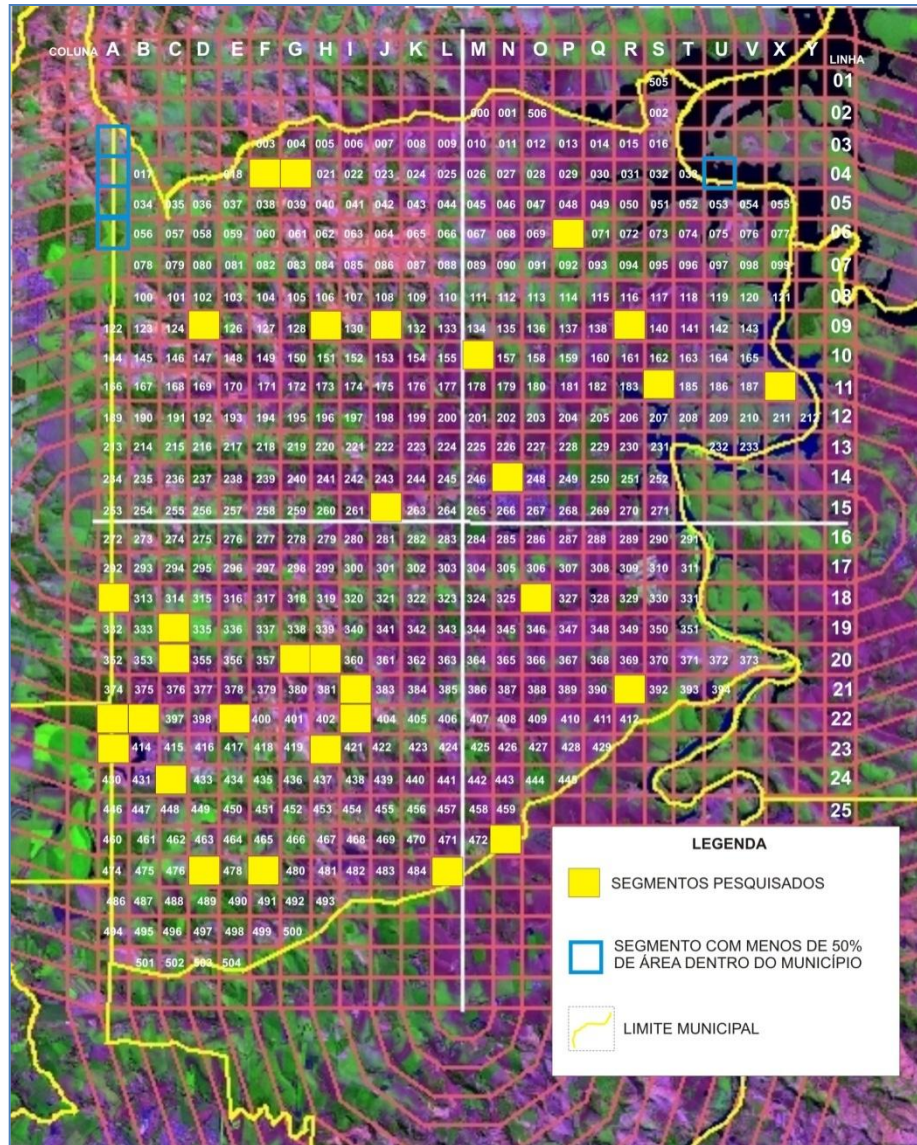
O formato Shapefile é um formato vetorial de armazenamento digital, onde se guarda a localização dos elementos geográficos e atributos associados a eles, e é aceito para importação em modo temático por programas que seriam utilizados posteriormente.

### 5.4 GRADE DE SEGMENTAÇÃO

Como foi feito por Adami (2003), a área do Município de Sertanópolis deve ser segmentada para que se construa a grade amostral para posterior aplicação de método estatístico de extração do estrato amostral. Assim, para se definir o número de segmentos que construiriam a grade amostral, foi necessária a segmentação da área do município de Sertanópolis em quadros de 1 km por 1 km.

No processo de segmentação, deparou-se com o problema de que parte dos segmentos tinha somente parte da área dentro do limite municipal de Sertanópolis. Para resolver este problema, convencionou-se que somente participaria da amostra os segmentos

que tivessem mais de 50% de sua área dentro do município em estudo, e que mesmo não tendo toda sua área dentro do município, toda a área do segmento seria considerada na pesquisa. Dessa maneira foi construída uma grade amostral que é formada por 506 segmentos de 100 hectares cada (figura 3).



**Figura03:** Painel amostral segmentado e estratificado estatisticamente.

Pode-se observar na figura 03 que alguns segmentos ficaram sobre a divisa municipal, e que parte deles foi aproveitada na grade amostral, enquanto que outros que não tinham mais de 50% de sua área dentro do município de Sertanópolis não participaram do sorteio.

## 5.5 ESTRATO AMOSTRAL

O método estatístico escolhido para se dimensionar o estrato amostral foi a amostragem aleatória simples, por ser um método amplamente utilizado, e de fácil determinação de seus elementos, já que não se contava com o apoio de um estatístico para a execução desta pesquisa. Seguindo os argumentos de Oliveira (2005), que revela que a aplicação de métodos estatísticos dá exatidão e eficácia à amostragem, além de no caso da amostragem aleatória simples ser um procedimento de fácil aplicação, sendo que todos os elementos da população têm a mesma probabilidade de pertencerem à amostra; resolveu-se aplicar esta técnica.

A amostragem aleatória simples é bastante precisa e apresenta todos os elementos da população com probabilidade conhecida de serem escolhidos para fazer parte da amostra. O processo consiste em selecionar uma amostra “n” a partir de uma população “N”. A seleção foi feita sem reposição, e cada amostra é feita unidade a unidade até que se atinja o número pré-determinado.

As duas maneiras mais utilizadas de obter a amostra “n” são o método de sorteio, no qual são escolhidos um a um até que esteja completa a amostragem e a tabela de números aleatórios, na qual serão sorteados até que seja satisfeita a solicitação da amostra. No caso desta pesquisa, se utilizou o método de sorteio.

O número de amostras de uma população determina o grau de confiabilidade dos resultados, sendo que tamanhos amostrais maiores tendem a ser mais próximos dos valores verdadeiros. Portanto, o número de amostras deve ser definido previamente, analisando o esforço demandado e o erro aceitável, pois um tamanho amostral muito grande demanda um esforço de coleta de dados muito elevado, e um número insuficiente de amostras pode não representar a verdade (ADAMI, 2003). Então, a definição

de um estrato amostral, deve obedecer a dois critérios fundamentais: o erro amostral tolerado e os recursos disponíveis para a realização da pesquisa.

Com o número total de elementos (população) definido em 506 segmentos, o número total da população já era conhecido, sendo necessária apenas a quantificação do número de segmentos a serem pesquisados, o estrato amostral ( $n$ ) (BARBETTA,2008).

Inicia-se calculando a partir da situação em que não se pode determinar o tamanho da população ( $N$ ). Nesse caso, o tamanho mínimo da amostra aleatória simples pode ser determinado através do cálculo de  $n_0$ , considerado uma primeira aproximação para o cálculo do tamanho da amostra, dado por:

$$n_0 = 1/ E_0^2 \quad (\text{cálculo1})$$

Sendo  $E_0$  o erro amostral tolerável, e  $n_0$  o tamanho da amostra.

Como uma etapa do trabalho seria realizada a campo durante a pesquisa, e o recorte espacial se localizava distante cerca de 39km de Londrina, com grande parte do percurso entre os segmentos a serem pesquisados sendo feito por estradas rurais somente cascalhadas como via de deslocamento, e contando com recursos de veículo, combustível e dinheiro para alimentação escassos, optou-se por determinar um erro amostral que proporcionasse uma margem abaixo de 20%, conciliando os objetivos almejados com os recursos disponíveis.

Na tabela 2 pode-se observar a variância no número de segmentos a serem pesquisados, em relação à margem de erro aceitável no resultado:

**Tabela 02:** Variância de  $n_0$  em relação a  $E_0$ .

$E_0$	$n_0$
0,20 (20%)	25
0,19 (19%)	27,7
0,18 (18%)	30,86
0,17 (17%)	34,6
0,16 (16%)	39,06
0,15 (15%)	44,44

Analisando a tabela percebe-se que quanto menor a margem de erro tolerada, maior é o número de segmentos a serem pesquisados. Ao estipular a primeira aproximação do número de segmentos a serem pesquisados, seria desejável que se obtivesse uma margem de erro abaixo de 10%, o que levaria a um dado com acurácia muito boa quando leva-se em conta os dados com os quais trabalha-se hoje coletados de modo subjetivo. Mas, levando em conta os números apresentados na tabela, nota-se que quanto menor a margem de erro que se opta, maior será o número de segmentos a serem pesquisados. Como o prazo de execução da pesquisa se mostrava curto, optou-se por uma margem de erro que possibilitasse uma operacionalidade compatível com os recursos e meios que seriam colocados a disposição, e que também se propicia um dado final com erro amostral abaixo de 20%. Pois acima disso não haveria possibilidade de confrontação com outras fontes de dados, posteriormente, em outra oportunidade de se retomar o modelo se poderia reduzir o erro amostral conforme se obtiver melhores meios e mais tempo de execução. Sendo assim, optou-se inicialmente por uma margem de erro de 18%, por ser a que apresenta uma variação com um custo aceitável para o projeto proposto, pois indicava uma pesquisa em menos de 31 segmentos. O tempo máximo estipulado para a realização dos trabalhos a campo foi de 10 dias perante a SEAB, pois era necessário a dispensa de um técnico com veículo para o trabalho, o que representava uma média de 3,1 segmentos por dia.

Definido isso, pode-se expressar o cálculo da aproximação com a população total da seguinte maneira (BARBETTA, 2008):

$$n_0 = 1 / 0,18^2$$

Onde 0,18 corresponde a uma margem de 18% de erro.

Então se chega ao seguinte resultado:

$$n_0 = 30,86 \text{ (tamanho da amostra), arredondando, 31 segmentos.}$$

Conhecendo o tamanho da população (**N**), pode-se corrigir o cálculo de **n<sub>0</sub>**, obtido por cálculo1, para se ter o tamanho da amostra aleatória simples (**n**), através da expressão:

$$n = N \cdot n_0 / (N + n_0) \quad (\text{cálculo2}).$$

Onde  $n$  = tamanho da amostra,  $n_0$  = tamanho da amostra aproximado e  $N$  = população total.

**Tabela 03:** Variância de  $n_0$  em relação à  $n$

E (erro amostral)	$n_0$ (tamanho amostra aprox.)	$n$ (tamanho da amostra)
0,20 (20%)	25	23,8
0,19 (19%)	27,7	26,26
0,18 (18%)	30,86	29,08
0,17 (17%)	34,6	32,38
0,16 (16%)	39,06	36,26
0,15 (15%)	44,44	40,85

Os valores de  $n$  em relação a  $n_0$  acabam por se situar ligeiramente abaixo, o que melhora a margem de erro apresentada pelo tamanho da amostra que foi utilizada na pesquisa, onde os 31 segmentos pesquisados acabam assumindo uma margem de erro de 17,4%.

Na figura 03, notam-se em destaque azul exemplos de alguns segmentos que não participaram do sorteio amostral devido ao fato de apresentarem menos de 50% de sua área dentro do município de Sertanópolis. Os segmentos que estão numerados, mas não se encontram preenchidos, participaram do sorteio, mas não foram selecionados para serem pesquisados. Os segmentos com preenchimento amarelo participaram do sorteio e foram selecionados para ter seu uso do solo definido.

Pode-se notar também que houve uma concentração de segmentos selecionados na região sudoeste do município, esta é uma situação não desejável, e que deve ser evitada fazendo novos sorteios até que se obtenha uma dispersão dos segmentos no município. Como o tempo disponível para esta etapa era escasso, e o objetivo principal do trabalho era o de testar as ferramentas, optou-se por manter o sorteio inicial.

Alguns segmentos se localizavam à margem dos limites do recorte espacial, significando que parte da sua área estava dentro do recorte, e parte estava fora. Como o limite político do município de Sertanópolis não é totalmente estipulado pelo curso de corpos d'água, e que parte de seus limites foram alagados pela criação da Represa Capivara, se apresentou um problema metodológico se haveria a necessidade ou não da exclusão dos segmentos entre os limites do recorte espacial. Como forma de resolver esta questão,

convencionou-se que participaria do painel amostral, isto é, que seriam contemplados no sorteio da amostra os segmentos que apresentassem área igual ou superior a 50% de sua área dentro dos limites do recorte espacial. A classificação destes segmentos nessa situação foi feita de modo visual pelo pesquisador.

O sorteio dos segmentos a serem pesquisados se deu através do software Microsoft Excel com geração de números de forma aleatória. Ao todo foram sorteados 31 segmentos para a pesquisa.

Dos segmentos sorteados, três se encontravam no limite municipal e apresentavam mais de 50% dentro dos limites do recorte espacial, e teve toda sua área pesquisada, mesmo a que estava fora do limite do recorte espacial, conforme se convencionou anteriormente.

## 5.6 DEFINIÇÃO DAS IMAGENS DOS SEGMENTOS

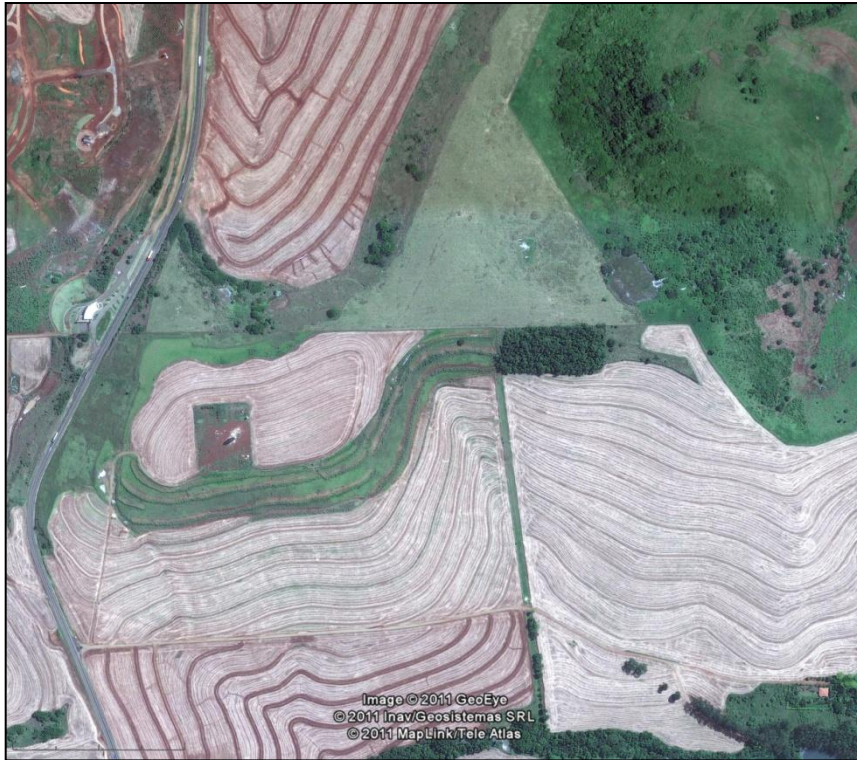
Para se obter uma imagem que proporcionasse uma visualização de pontos de referência confiáveis que facilitassem a localização do segmento, determinação dos talhões e possibilitasse uma imagem georeferenciada para ser inserida no receptor GPS, optou-se pela utilização das imagens disponibilizadas pelo software Google Earth, que em algumas imagens pode alcançar uma resolução de até 60 cm/pixel.

Após serem definidos os vértices dos quadros dos segmentos e suas respectivas coordenadas, foi possível delimitar a área do segmento com a criação do quadro diretamente na imagem do Google Earth, e enviar imagens georeferenciadas ao receptor GPS. O software Google Earth foi escolhido por ser um software gratuito e que disponibiliza imagens com resolução espacial de até 60 cm/pixel.

Como o software Google Earth utiliza várias fontes para a obtenção das imagens que disponibiliza, na junção das imagens podem ocorrer distorções decorrentes do encaixe imperfeito entre elas. Para conferir se houve a ocorrência de distorções nas imagens pesquisadas, foi feito a conferência dos vértices do segmento na imagem através do receptor GPS em campo.

Observa-se nas imagens das figuras 4, 5 e 6 como se deu o processo de delimitação dos segmentos:

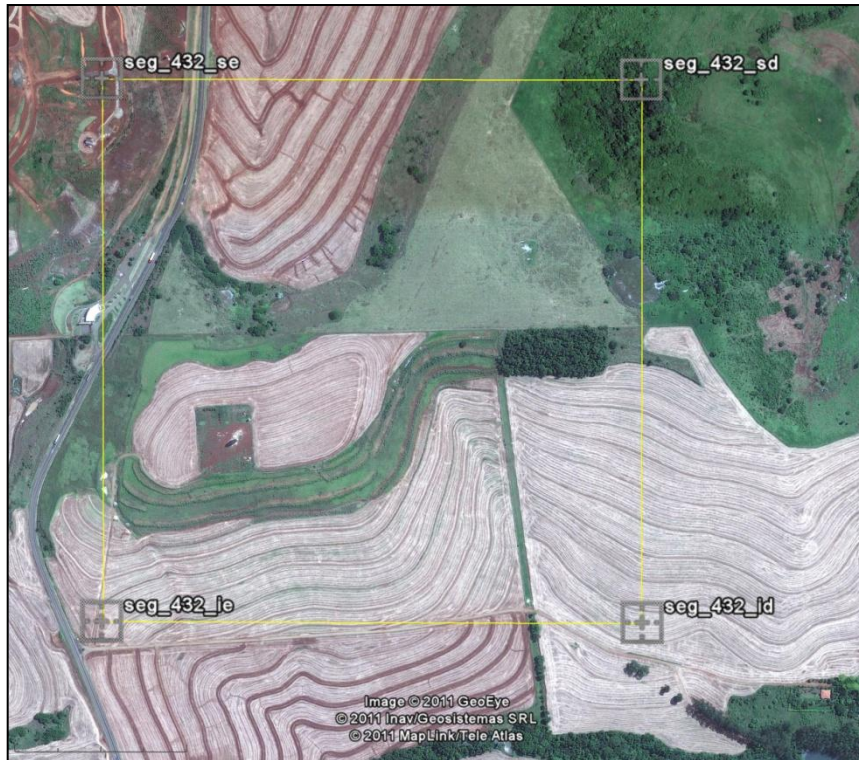




**Figura 04:** Imagem onde ainda não está definido o segmento.

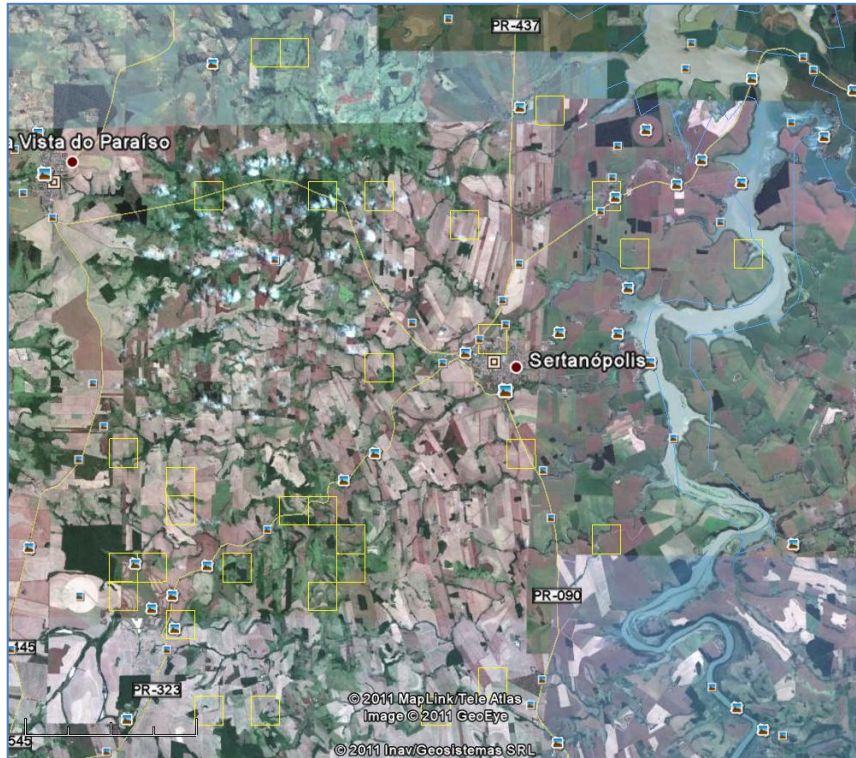


**Figura 05:** Imagem com os pontos georeferenciados de definição do segmento lançados.



**Figura 06:** Imagem com o segmento delimitado.

Assim, através do software podia ser observada uma imagem que contemplava a localização dos segmentos dentro do Município de Sertanópolis (figura 07), e através dela é possível traçar estradas que melhor conduzissem a estes segmentos.



**Figura 07:** Imagem dos segmentos no Google Earth.

O Google Earth possibilita salvar os segmentos em formato “.kml”, o que proporciona a importação através do software GPS TrackMaker. O software GPS TrackMaker possui uma versão gratuita bem completa que possibilita tanto a navegação em tempo real, como a visualização com mapas de fundo, e na sua versão paga proporciona o georeferenciamento de imagens e o cálculo de área de polígonos importados do Google Earth, ou desenhados dentro do programa sobre as imagens. Também foi através do GPS TrackMaker que foi possível a transferência das coordenadas e polígonos gerados no Google Earth para o receptor GPS.

## 5.7 DEFINIÇÃO DO USO DO SOLO

Este trabalho contava com o aporte de poucos recursos e tempo para a sua execução, o que levou a definição de poucas classificações de uso do solo. No entanto, isto não encerra as possibilidades de ampliação de classes para uma adaptação aos objetivos que o pesquisador possa almejar em seu trabalho. Inclusive, deve-se destacar que a ampliação das classificações de uso do solo praticamente não influenciam nos custos de execução, assim como pouco influem no tempo demandado na execução dos trabalhos a campo.

O uso do solo foi classificado da seguinte maneira:

- Milho de Inverno: uso do solo com cultivo de Zeamays (nome científico).
- Trigo: uso do solo com cultivo de Triticumspp (nome científico).
- Pastagem: pastagem nativa ou plantada destinada a alimentação animal em sistema aberto ou semi-aberto.
- Fragmento florestal: Mata nativa ou não, reflorestada ou não, com densidade além de arbustivo comum em pasto abandonado, no qual não seja permitido o pastoreio de animais.
- Outros usos: Estradas, habitações, construções rurais, represas, rios, outras culturas; enfim, todos os usos que sejam diferentes das classificações anteriores.

## 5.8 MATERIAL DE CAMPO

Para se iniciar o trabalho de campo, era necessário que os segmentos fossem localizados com rapidez e de maneira o mais econômica possível, diagnosticado os talhões e seu respectivo uso do solo durante a safra agrícola de inverno 2010/2011.

Com isso em mente, procurou-se obter materiais e equipamentos que agilizassem o trabalho.

### 5.8.1 Overlay

Como a utilização do notebook diretamente no campo poderia estar restringida pela duração da bateria, optou-se por realizar os desenhos dos talhões diretamente em imagens dos segmentos obtidas a partir do software Google Earth, onde constava a delimitação do segmento na imagem. A imagem impressa em papel comum então era protegida das intempéries por um plástico onde se fez o desenho e as anotações através de pincel atômico (Figura 8).



**Figura08:** Exemplo de overlay, sendo definido o uso do solo.

Pode-se notar na imagem acima a delimitação da área pesquisada em traço amarelo e os desenhos e anotações feitas utilizando-se o pincel atômico diretamente no campo. Posteriormente as anotações passavam por uma edição dos talhões.

A utilização desse material se mostrou bastante satisfatório, sendo recomendado o seu uso por ter baixo custo e se tornar uma fonte de consulta a qualquer momento.

### 5.8.2 Equipamentos Utilizados

Para a obtenção das imagens, tratamento, segmentação e etc., inclusive no campo, foi utilizado um notebook que apresentava as seguintes configurações:

- Processador Intel® Celeron® 723 (1 MB L2 cache, 1.20 GHZ,800 MHz FSB, 10 W),arquitetura Intel64
- Windows® 7 Starter
- 1024 x 600 (WSVGA)
- Mobile Intel® GS45 Express Chipset
- Placa Gráfica- Intel® GMA 4500MHD
- Memória de 2GB DDR2 667 MHz
- HD de 250GB SATA (5400RPM)
- WLAN1, 8: Acer InviLink™ Nplify™9 802.11b/g/Draft-N
- Bateria de 6 células Li-ion (2200 mAh), com autonomia de 6h
- Peso: 1,4 kg

A utilização deste modelo de equipamento se mostrou bastante útil seja pelo seu tamanho reduzido, capacidade de processamento e memória, como pela duração da bateria. Este aparelho também possibilitou a consulta em tempo real da posição do pesquisador na imagem obtida através do software Google Earth conectado ao aparelho de GPS, onde é possível inclusive ter uma satisfatória noção do relevo na imagem.

Para efetuar a localização dos segmentos dentro do município de Sertanópolis, foi utilizado um receptor GPS (Global Positioning System).

O GPS foi concebido pelo Departamento de Defesa dos EUA no início dos anos 1960, e recebeu o nome de "projecto NAVSTAR". Este sistema é constituído por 24 satélites, divididos em 6 diferentes órbitas circulares de 12 horas de duração, a cerca de 20.200 km de altitude (Dana, 2003; Ferreira Jr., 2003).

O utilizado foi o Oregon 550, fabricado pela Garmin, que apresenta a seguinte configuração:

- Dimensões: LxAxP: 2,3" x 4,5" x 1,4" (5,8 x 11,4 x 3,5 cm);

- Tamanho do visor, LxA: 1,53" A x 2,55" A (3,8 x 6,3 cm); 3" de diagonal (7,6 cm);
- Resolução do visor, LxA: 240 x 400 pixels;
- Tipo de visor: TFT colorido transflectivo sensível ao toque;
- Peso: 6,8 oz. (192,7 g) com baterias;
- Duração da bateria: 16 horas;
- À prova d'água;
- Receptor de alta sensibilidade;
- Interface: compatível com USB de alta velocidade e NMEA 0183;
- Mapa base;
- Memória interna: 850 MB;
- Paradas/Favoritos/Localizações: 2000;
- Rotas: 200;
- Registro de trajeto: 10.000 pontos, 200 trajetos salvos;
- Roteamento automático (roteamento em estradas curva a curva);
- Bússola eletrônica (compensação de inclinação, 3 eixos);
- Altímetro barométrico;
- Câmera (3,2 megapixels com foco automático; zoom digital de 4x);
- Cálculos de área;
- Visualizador de imagens.

A opção por este modelo de receptor GPS se mostrou bastante acertado, tendo em vista que a possibilidade de se inserir imagens dos segmentos georeferenciadas obtidas do Google Earth no próprio aparelho, possibilitou uma localização muito mais rápida da área a ser pesquisada no campo. A câmera fotográfica trouxe a conveniência de gerar fotografias diretamente no campo e armazená-las em arquivo para servirem de material de consulta na ocorrência de qualquer dúvida durante a compilação dos dados no escritório, tendo em vista que elas são geradas já com georeferenciamento, poupando tempo do pesquisador.

Para o deslocamento de Londrina até o município de Sertanópolis e conseqüente percurso através das estradas rurais que ligavam os segmentos, foi utilizado um veículo Gol 1.6 MI ano 1998, cedido pela SEAB como forma de apoio a pesquisa, incluindo nisso o custo total de combustível consumido.

Também foi utilizado um binóculo marca Onida Modelo ON-Z10 com zoom 12x30x60 para fazer a observação de áreas que se mostravam de difícil acesso, ou para se agilizar o reconhecimento de uso do solo.

## 5.9 EXECUÇÃO DO TRABALHO A CAMPO

O trabalho em campo foi bastante facilitado pela localização dos segmentos através da visualização no notebook utilizando o software Google Earth e sua capacidade de navegação em tempo real, onde as principais estradas foram previamente marcadas, criando rotas onde o receptor GPS indicava o caminho através da seta da bússola.

Um problema bastante recorrente na definição do uso do solo foi o fato de que alguns talhões apresentavam resto da cultura do milho, mas através de uma observação mais profunda percebeu-se que se tratava de resto da cultura do milho de verão, e que a área, na verdade, se tratava de área em pousiódurante o inverno; portanto, devia ser registrado como outros usos do solo, e não como milho de inverno.

A cultura de aveia também traz uma possibilidade de confusão em sua determinação, pois apresenta um resto cultural bastante parecido com o do trigo.

Durante essa etapa da pesquisa, procurou-se a maior aproximação possível com o talhão para que se minimize a possibilidade de erro na definição do uso do solo. Mas em alguns casos, quando não se tinha acesso direto ao talhão, seja por uma porteira trancada, ou por um obstáculo físico (rio, terreno acidentado), foi utilizado o binóculo como equipamento de apoio. O referido equipamento também ajudou a observar os limites do segmento.

O notebook munido do software Google Earth proporcionava uma visão rente ao solo, onde se comparava a paisagem vista pelo pesquisador com a imagem de satélite, em diferentes ângulos, proporcionando uma noção aproximada do real relevo da área.

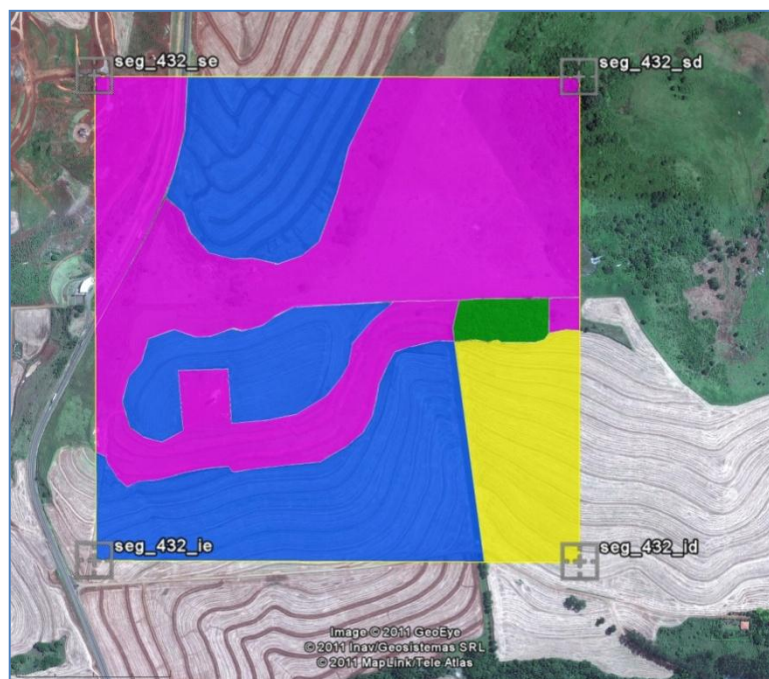


## 5.10 COMPILAÇÃO DOS DADOS COLETADOS.

Com o findar dos trabalhos de classificação de uso do solo dos segmentos, iniciou-se o desenho dos resultados diretamente no computador usando o software Google Earth (figura 9 e 10). Este software possibilita a criação de polígonos de forma variada, onde se procurava seguir o formato do talhão dentro do segmento, colocando cores que facilitassem a visualização da classificação do uso do solo. O fato de se trabalhar com uma imagem com boa resolução (até 60 cm/pixel) proporcionou uma facilidade na execução deste trabalho.



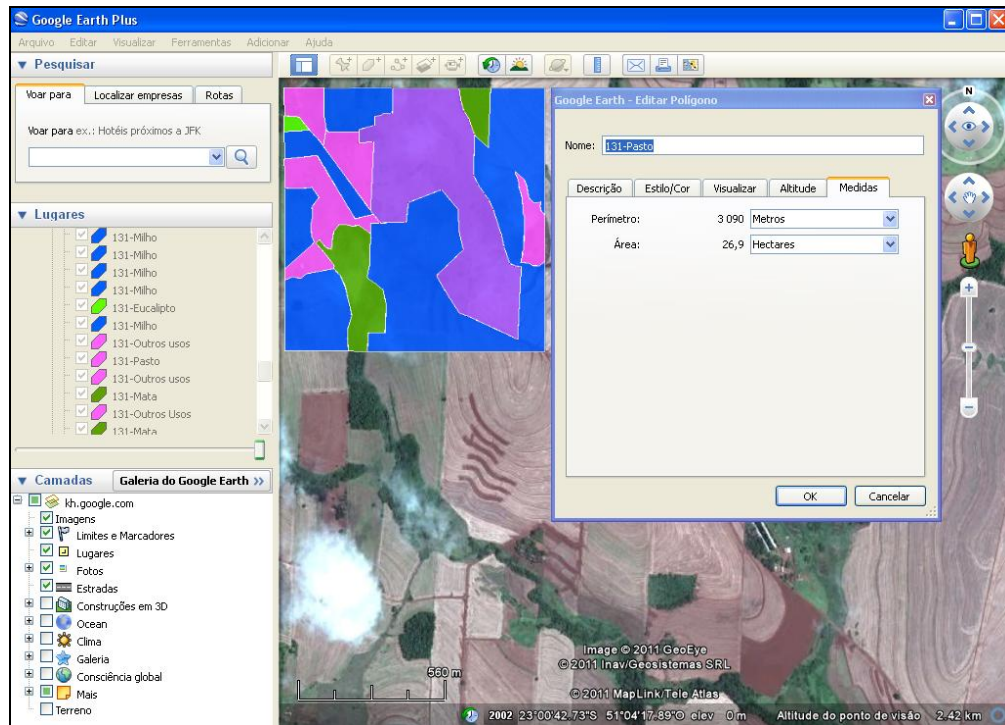
**Figura 09:** Segmento delimitado aguardando definição de uso do solo.  
Software Google Earth.



**Figura 10:** Segmento delimitado com classificação de uso do solo feita. Software Google Earth.

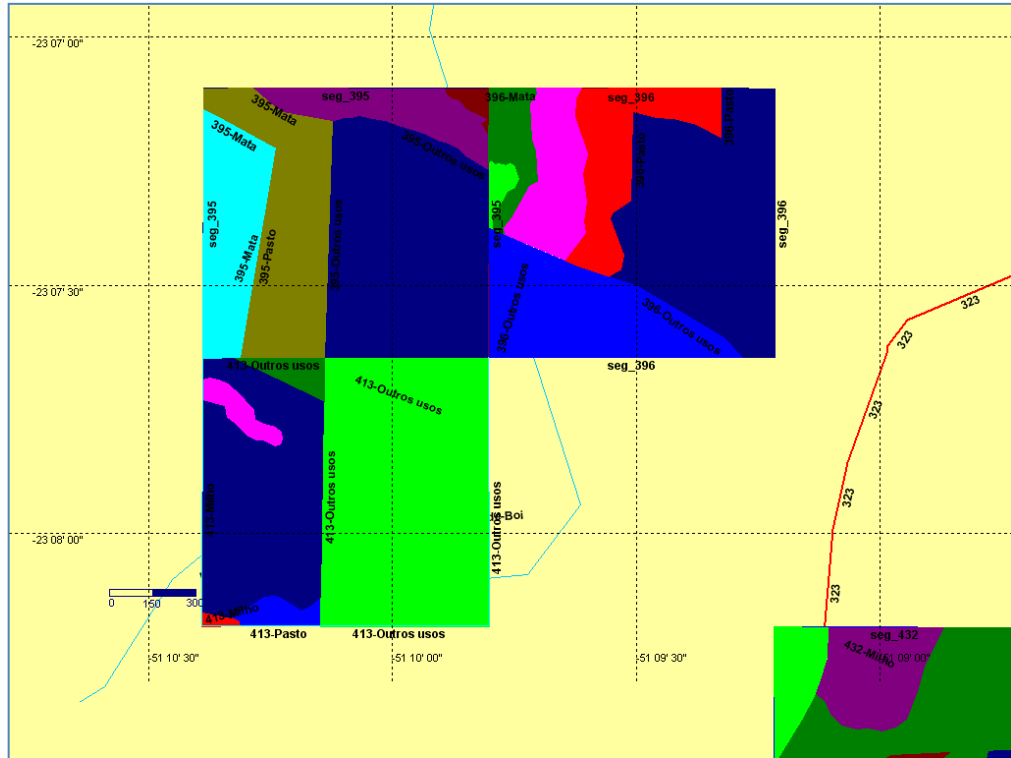
Esta etapa do projetomostrou-se bastante trabalhosa, demandando quatro dias de trabalho, mas com a prática, o pesquisador poderá acelerar este processo.

Com o uso do solo definido e os polígonos dos talhões desenhados digitalmente no software Google Earth, foi utilizado uma versão do Google Earth Pro; esta é uma versão paga do software, mas a empresa possibilita um período de experimentação do produto gratuitamente por até sete dias, período suficiente para a realização dos cálculos da área dos talhões, durante esta pesquisa. O cálculo de área é feito automaticamente pelo software quando terminado o fechamento do polígono desenhado sobre a imagem (figura 11), possibilitando assim a obtenção da área do talhão e de posse da definição em campo de seu uso de solo, se obtém a área ocupada com determinado uso do solo, possibilitando a soma dos resultados disto entre todos os segmentos pesquisados.



**Figura 11:** Cálculo da área do talhão pelo software Google Earth. Talhão calculado é visualizado em cor roxa.

Uma opção que também se mostra viável para o cálculo de área é a utilização do software GPS TrackMaker, em sua versão paga, que também proporciona este cálculo. Outros softwares comerciais também podem ser utilizados, mas, por oferecerem muito mais recursos, que não eram necessários a este trabalho, têm custo elevado. A importação dos dados por este programa utilizando a versão gratuita possibilita a exportação a outros formatos de arquivos os quais o software Google Earth não dá suporte, e que podem ocasionar maiores possibilidades de aplicação e análise (figura 12).



**Figura 12:** Exemplos de segmentos importados pelo software GPS TrackMaker.

## **6 CUSTO DA PESQUISA.**

Durante a pesquisa de campo foram percorridos 581 km; considerando um consumo de 10 km por litro de gasolina, pode-se aferir um gasto de 58,1 litros de gasolina, o que representa um custo de R\$ 156,29 reais (cento e cinquenta e seis reais e vinte e nove centavos) com combustível para se efetuar a pesquisa a campo. Soma-se a isto o custo de quatro almoços do pesquisador a campo, totalizando R\$ 60,00 (sessenta reais), e a utilização de quatro dias de trabalho com duração de oito horas diárias, o que representa 30 horas de trabalho/homem despendidas nos trabalhos de campo, o que equivale a quase uma hora por segmento visitado. Vale ressaltar que o tempo de pesquisa a campo foi pequeno devido ao ritmo bastante intenso de trabalho. A pouca distância percorrida para se efetuar a visita às 31 áreas se deve a proximidade com o município de origem (Londrina), com o aproveitamento maximizado dos dias trabalhados, e com a proximidade entre os segmentos (mesmo município).

Para se realizar uma simulação do custo da mão-de-obra empregada durante a pesquisa, foi utilizado como base o trabalho de um profissional de nível superior até a etapa da construção do painel amostral, e de um profissional de nível técnico médio na execução da pesquisa de campo e compilação dos dados em escritório, com base no salário líquido médio pago pela SEAB aos seus técnicos em outubro de 2011, sem a observação dos encargos trabalhistas e da previdência social (tabela 4).

**Tabela 04:** Custo aproximado da pesquisa.

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
Gasolina	58,1 litros	R\$ 2,69	R\$ 156,29
Trabalho humano - grade amostral*	24 horas	R\$ 6,94	R\$ 166,56
Trabalho humano campo**	32 horas	R\$ 3,47	R\$ 111,11
Trabalho humano escritório*	24 horas	R\$ 6,94	R\$ 166,56
Alimentação	4 refeições	R\$ 15,00	R\$ 60,00
<b>Sob Total (a)</b>			<b>R\$ 577,29</b>
<b>RECURSOS IMOBILIZADOS</b>			
Notebook	01	R\$ 1.200,00	R\$ 1.200,00
Receptor GPS	01	R\$ 1.800,00	R\$ 1.800,00
Binóculo	01	R\$ 300,00	R\$ 300,00
Carregador 110V veicular	01	R\$120,00	R\$120,00
<b>Subtotal(b):</b>			<b>R\$ 3.420,00</b>
<b>Total(a+b)</b>			<b>R\$ 3.997,29</b>

\*Técnico nível superior, salário de R\$ 5.000,00 líquido.

\*\* Técnico nível médio, salário de R\$ 2.500,00 líquido.

Esta simulação foi feita para se ter uma ideia do custo de uma possível ampliação do recorte espacial no futuro, e devem-se levar em conta alguns fatores:

- Geralmente o órgão executor de uma pesquisa de previsão de safra já possui um quadro funcional que atende a maior parte da demanda, e que deve ser aproveitado evitando contratações, sendo indicadas parcerias com outras entidades para a suplementação do trabalho técnico necessário;
- Os valores imobilizados pelos equipamentos adquiridos utilizados podem ser amortizados pela otimização no uso em recortes espaciais bem menores em outros projetos e pesquisas, e na realização frequente da pesquisa;
- O custo dos equipamentos também pode ser amortizado através de sua otimização de uso em recortes espaciais bem maiores (mais municípios);
- A necessidade e custo de profissional especializado na construção de painel amostral podem ser diluídos em um recorte espacial muito maior.

## 7 RESULTADOS OBTIDOS

### 7.1 CÁLCULO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

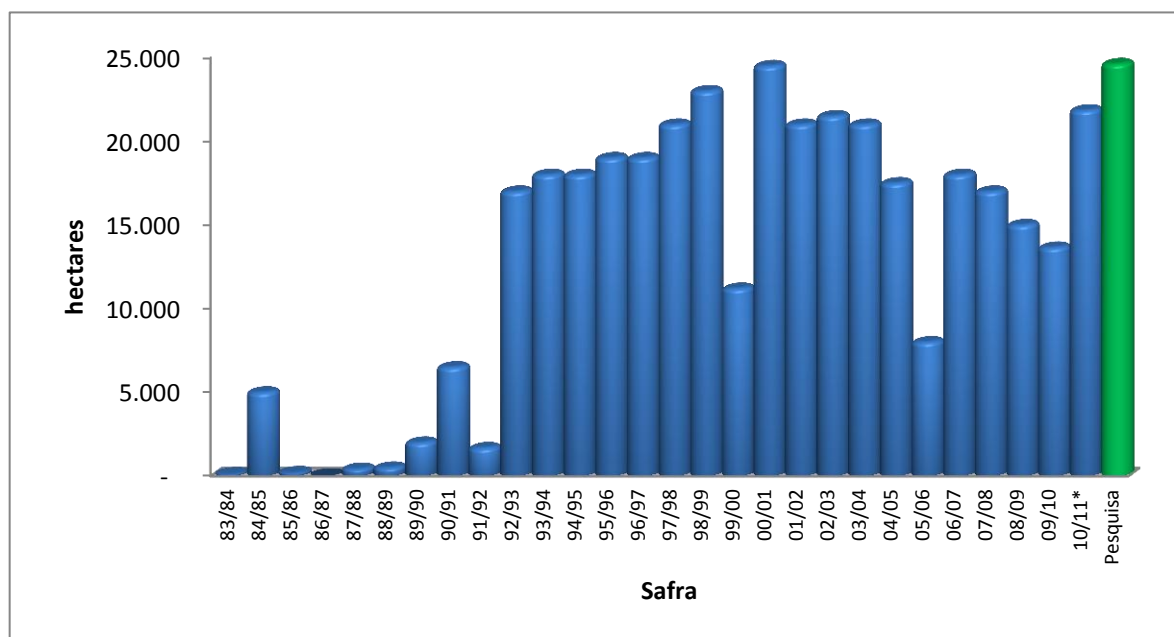
### 7.2 COMPARAÇÕES COM OUTRAS FONTES DE DADOS.

Parte das considerações apresentadas neste sub-capítulo refere-se à experiência do autor no trabalho como técnico agropecuária da SEAB, atuando no DERAL a quase vinte anos, assumindo a responsabilidade por alguns pontos de vista devido a acompanhar de perto a metodologia hoje aplicada.

Apesar de a estimativa da safra agrícola 2010/2011 feita pelo DERAL ainda não estar fechada até o término deste relatório, os dados coletados durante a pesquisa podem indicar eventuais distorções quando comparados aos dos divulgados por este órgão. O DERAL utiliza como metodologia uma projeção inicial estimando a intenção de plantio de safra agrícola bem antes do início do plantio, e em cinco ou mais oportunidades vai melhorando a confiabilidade dos dados até que é feito o fechamento no final da safra.

O DERAL apresenta em 28 de outubro de 2011 uma estimativa de cultivo de 21.850 hectares para a cultura de milho de inverno safra agrícola 2010/2011 no município de Sertanópolis. Com uma área projetada de 24.624 hectares pela pesquisa (figura 12), esta área se distancia 12,69% da área estimada pelo DERAL, o que atesta que a margem de confiabilidade estipulada pelo método de amostragem aleatória simples, que foi de 17,4% se mostra acertada.

**Figura 13:** Evolução da área colhida de milho de inverno no município de Sertanópolis. Em azul se observa a série histórica, em verde está a área aferida pela pesquisa.



Fonte: SEAB/DERAL - NR de Londrina.

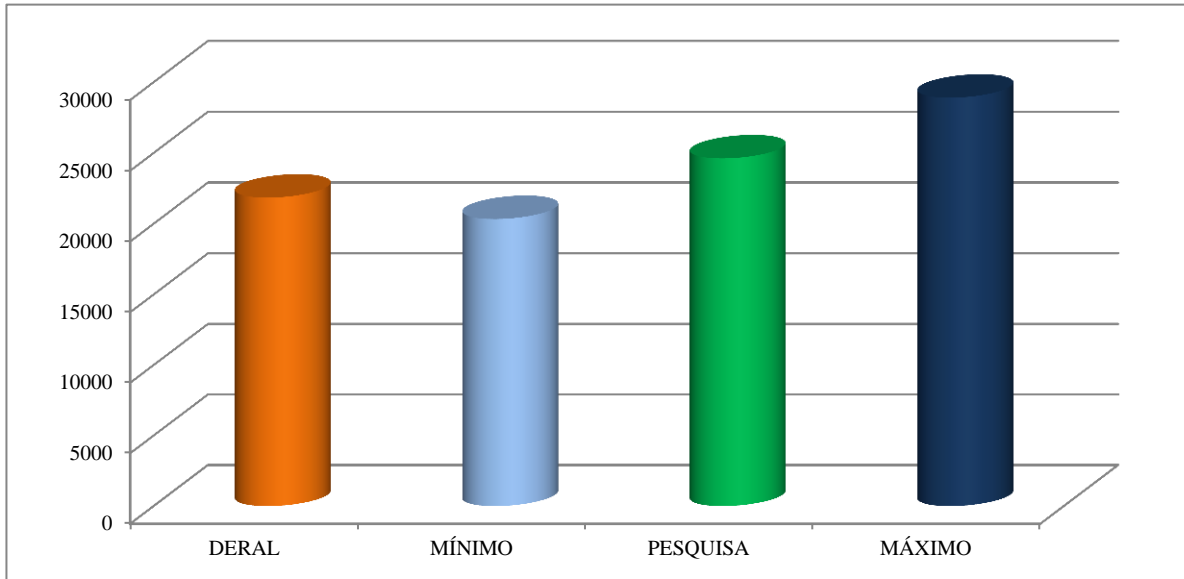
\* Estimativa

Pode-se perceber na figura 13 que, comparando a safra agrícola 09/10 com a safra 10/11, há um salto bastante significativo na área cultivada com milho no município, onde se passou de 13.650 ha na safra agrícola 09/10 para 21.850ha na safra 10/11. Isso equivale a um aumento de 60% da área cultivada de um ano para outro. Como foi comentado anteriormente, o modo subjetivo de levantamento de safra empregado pelo DERAL tende a ser menos preciso quando há uma diferença muito grande de área cultivada de uma safra para outra. Isto se deve a perda de referências pelos técnicos que fornecem as informações para o DERAL devido à mudança repentina. Deve-se levar em conta também que a safra agrícola ainda não se encerrou; assim, os dados de recebimento da produção pelas empresas ainda não estão consolidados. Sendo assim, os números divulgados pelo DERAL ainda devem sofrer ajustes. As quedas abruptas das safras 99/00 e 05/06 foram geradas por quebra de área devido a condições climáticas desfavoráveis segundo informação passada informalmente pelos técnicos do DERAL.

Já na figura 14 pode-se comparar a área estimada de milho de inverno pelo DERAL em contraposição a projeção de área mínima e máxima estimada pela pesquisa para esta cultura. A área divulgada pelo DERAL mostra-se entre o mínimo e o mais provável

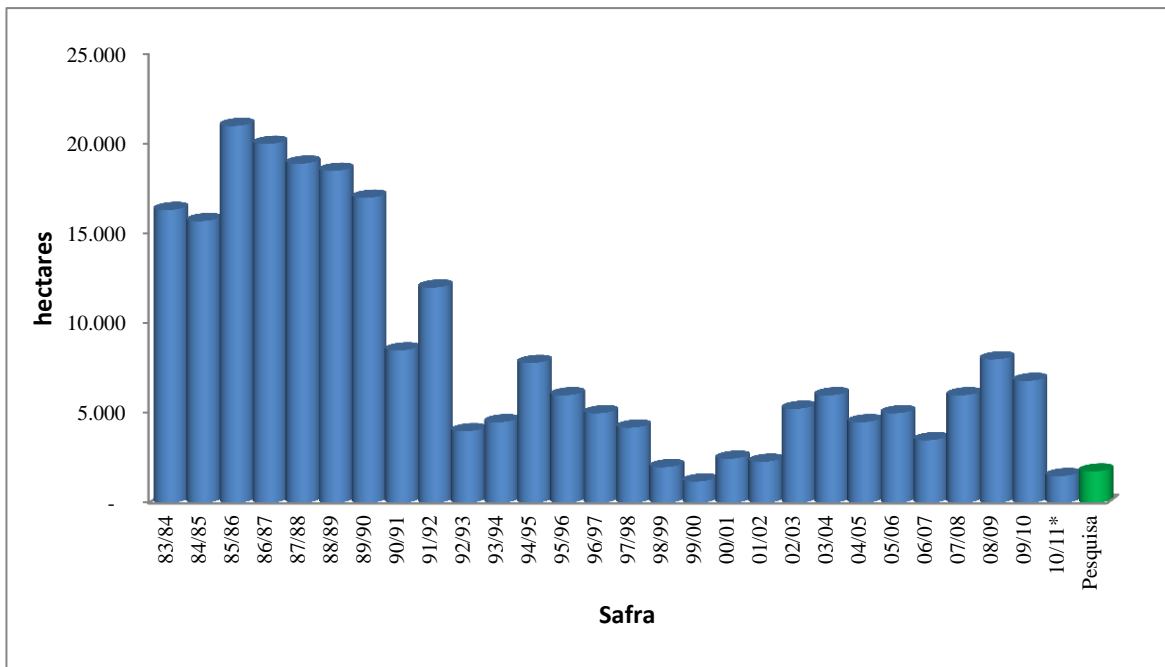


estimado pela pesquisa, indicando que a área estimada pelo DERAL pode estar próxima da área real a ser colhida no município.



**Figura 14:** Comparativo entre os dados de área a colher de milho de inverno do DERAL e os parâmetros da pesquisa.

Para a cultura de trigo, o DERAL estima uma área de 1.500 ha ocupada com a cultura em Sertanópolis, enquanto a pesquisa apontou uma área de 1.754 ha; isto equivale a uma diferença de 16,9% a mais, mais uma vez ficando dentro da margem de erro estipulada pela pesquisa, mas indicando que o número do DERAL pode estar um pouco abaixo do mais provável (figura 15).



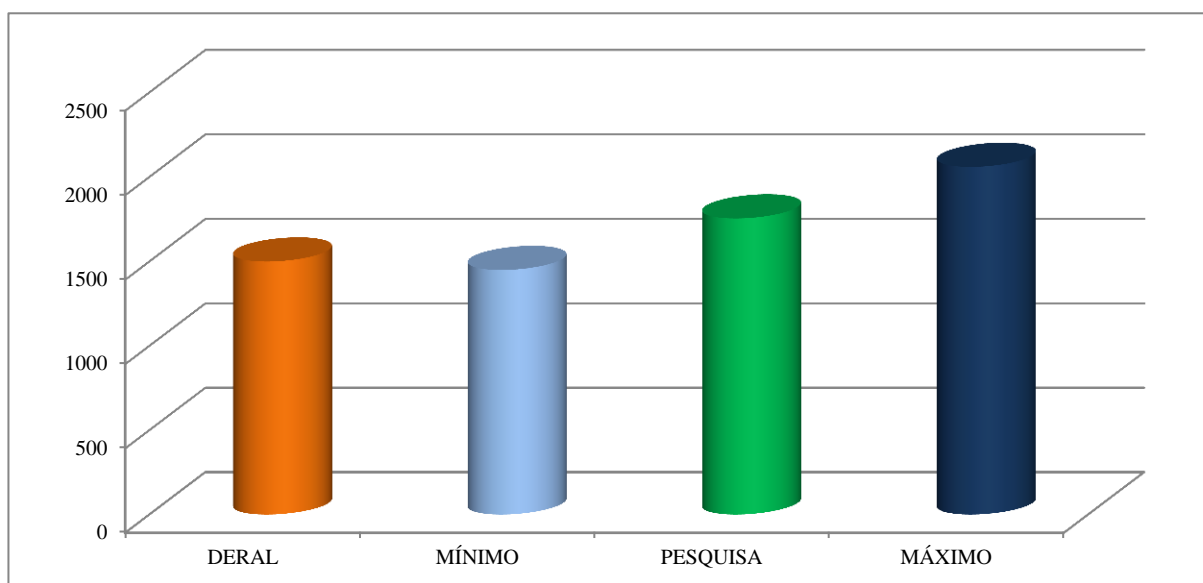
**Figura 15:** Evolução da área colhida de trigo no município de Sertanópolis. Em azul está a série histórica, em verde está a área aferida pela pesquisa.

Fonte: SEAB/DERAL - NR de Londrina.

\*Estimativa

Através da figura 15, nota-se que há uma queda gradativa da área colhida com trigo em Sertanópolis; isto se deve principalmente a melhor lucratividade apresentada pela cultura do milho de inverno, fazendo com que a área de trigo gradativamente seja repassada a cultura de milho.

Percebe-se também uma queda acentuada da safra agrícola de 2009/2010 para a de 2010/2011, onde se tinha uma área ocupada de 6.800 ha, e se estima agora uma área a colher de 1.500 ha (em verde na figura 15), representando uma queda de mais de 84%. Isto pode também influenciar o método subjetivo de levantamento de safra agrícola do DERAL ao alimentar a margem de erro, pois os técnicos informantes perdem o parâmetro de indicação de área. A pesquisa projeta uma área de 1.755 ha de trigo, o que representa uma diferença de 17% entre as duas projeções, ficando dentro da margem de erro estipulada pela pesquisa, mas indicando que o número do DERAL pode estar um pouco abaixo do mais provável.



**Figura 16:** Comparativo entre os dados de área a colher de trigo do DERAL e os parâmetros da pesquisa.

Na figura 16 pode-se comparar a área estimada de trigo pelo DERAL em contraposição a projeção de área mínima e máxima estimada pela pesquisa para esta cultura. A área divulgada pelo DERAL mostra-se entre o mínimo e o mais provável estimado pela

pesquisa, indicando que a área estimada pelo DERAL pode estar próxima da área real a ser colhida no município.

Quando se compara a área estimada em 2009 pelo DERAL com pasto em Sertanópolis, que é de 8.100 ha, com a área projetada pela pesquisa (12.366 ha), se tem uma diferença bastante alta de 4.266 hectares. Provavelmente isto se deve a interpretação de áreas abandonadas ou APP (Área de Preservação Permanente) que apresentavam uma densidade muito pequena de vegetação, sendo assim interpretadas como pasto durante a pesquisa. Necessariamente, no caso de pastagem, só se conseguirá corrigir esta distorção com adoção de um questionário onde a informação de uso do solo é confirmada por um informante, pois o informante, somente com a percepção visual não consegue, nestes casos, definir o uso do solo com exatidão.

Não foi possível adquirir dados comparativos da área de fragmento florestal por outras fontes confiáveis para o município de Sertanópolis, mas é interessante que se tenha pelo menos a projeção de 5.353 ha de fragmento florestal no município feito pela pesquisa.

## 8 POSSIBILIDADES FUTURAS.

Com o desenvolvimento de uma metodologia de levantamento de ocupação do solo que se mostrou viável, apresentando uma margem de erro que pode se ajustar ao orçamento de órgãos de levantamento de informações, este modelo de pesquisa pode assumir uma escala bem maior do que a inicialmente planejada, pois propicia uma gama de possibilidades para a pesquisa.

A SEAB e o IBGE exercem uma subdivisão do Estado do Paraná, onde são agrupados diversos municípios. A metodologia empregada pode gerar um agregado de recortes espaciais, podendo ser obtido o uso do solo desde o nível municipal, regional ou estadual. A vantagem de se pesquisar cada município separadamente é que assim se obtêm dados por município, bastando a soma desses dados para se estimar a ocupação do solo em uma região.

A ampliação do recorte espacial fatalmente levará a um aumento do número de segmentos a serem pesquisados, aumentando o custo e o tempo da pesquisa (vide subcapítulo 5.5), mas proporcionará uma possibilidade de análise muito mais rica ao se defrontar regiões e municípios.

Para se diminuir os gastos com a pesquisa a campo, pode-se empregar o método de Estimador por Regressão em conjunto ao Estimador por Expansão Direta; este método proporciona uma sensível diminuição do número de segmentos pesquisados, desde que se respeite suas limitações quanto a qualidade e disponibilidade de imagens viáveis. Outro complicador para o uso deste método é o emprego intensivo de mão de obra na fase de tratamento das imagens e uso de classificador (Adami, 2003).

A ampliação da classificação de uso do solo acrescenta muito pouco no custo da pesquisa por não demandar muito tempo do pesquisador a campo, nem na segmentação do recorte. A adoção de um modelo que agregue a aplicação de questionário, apesar de bastante onerosa por ampliar o tempo de pesquisa, pode se tornar viável a medida que se molda a coleta de dados à necessidade de prováveis parceiros, ampliando a complexidade dos dados coletados e direcionando a objetividade ao se agregar a informação coletada diretamente com quem trabalha o espaço.

## **9 CONTRIBUIÇÃO PARA A CIÊNCIA GEOGRÁFICA.**

Os números da produção agrícola são de extrema importância para o planejamento estratégico do país, tanto para uma base alimentar humana e animal, quanto para a regulação do mercado nacional e dos mercados internacionais. Há grande diferença tecnológica na produção de grãos, com diferentes níveis de Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH), área e população rural, tamanho da propriedade, entre outros fatores.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) permitem aos geógrafos integrarem seus dados de maneira a apoiar as formas tradicionais de análise geográfica. Com os dados coletados e organizados, é possível elaborar mapas temáticos, modelar e analisar a configuração no espaço da produção agropecuária. A estimativa da safra agrícola e sua distribuição no espaço geográfico são de extrema importância ao planejamento estratégico e formulação de políticas públicas, logística, segurança alimentar e a formulação de preços e regularização de estoques (FELIPE, et al. 2007).

A importância do levantamento de safra agrícola para o planejamento e análise espacial é tão grande que o governo federal, através do IBGE, mantém o levantamento Sistemático de Produção Agrícola, que têm por objetivo obter informações mensais sobre previsão e acompanhamento de safras agrícolas, com estimativas de produção, rendimento médio e áreas plantadas e colhidas desde 1972. Já a Conab tem a responsabilidade de fazer levantamentos de safra agrícolas dos principais grãos, além de café, cana-de-açúcar e de produtos relacionados com a agroenergia.

Esse trabalho contribui com a ciência geográfica ao fornecer uma metodologia objetiva, confiável e de grande agilidade na obtenção dos dados necessários a análise espacial da produção agropecuária, e ao oferecer uma forma de agregar a coleta de informações sociais do campo através de um modelo estatístico.

## 10 CONCLUSÃO

Uma atuação direta do pesquisador no campo definindo o uso do solo através da visualização da área se mostrou muito mais segura do que a utilização de classificadores automáticos quando consideramos os problemas de refletância apontados por Holben e Justice (1981), pois sua atuação não é tão afetada por estes fatores. Em contrapartida, a dificuldade de se ir a campo, e a quase dificuldade de se definir o uso do solo em um tempo anterior ao momento da visita sem que se arrisque em ocorrer em erro, fazem com que o registro de imagem em arquivo venha a ser um importante diferencial na classificação automática, isto é, basta haver a disponibilidade de imagens viáveis em qualquer tempo para se iniciar um processo de análise. O baixo custo de processamento com a disponibilização de hardware e software com custo cada vez mais acessível pode ser considerado um fator positivo na utilização de softwares classificadores.

Um dos objetivos específicos almejado por esta pesquisa, que era o de testar métodos alternativos de uso do solo, foi alcançado, pois a metodologia empregada mostrou-se viável ao utilizar parte da metodologia empregada na PREVS, quanto parte da desenvolvida por Adami (2003), procurando sempre atualizar a maneira de obtenção de imagens a baixo custo, quanto a característica de execução ágil dos trabalhos a campo, para que se chegasse a uma otimização do orçamento disponível.

O objetivo de estimar a área agrícola do município disponível para cultivo não foi alcançado em sua plenitude, principalmente pelo motivo de ser uma prática comum entre os agricultores deixar parte ou a totalidade de suas áreas de cultivo em descanso, isto é, sem plantio durante o inverno. No caso desta safra agrícola 2010/2011, um motivo que intensificou esta prática foi a expectativa de um preço de trigo baixo no mercado, e o tempo relativamente curto de zoneamento para o plantio de milho de inverno (SEAB,2011). Com isto, parte da área que estaria disponível para plantio foi definida como “outros usos do solo”, pois não teve plantio efetuado nesta safra agrícola de inverno, impossibilitando sua mensuração.

A construção do painel amostral foi planejada de maneira a propiciar uma ampliação do recorte espacial de modo a agregar mais municípios, ou até regiões inteiras. Assim, o modelo utilizado atende o objetivo de testar um modelo estatístico/metodológico para a coleta de informações através de análise de imagens de satélite. Mesmo que a análise não tenha sido feita por meio de classificadores automáticos, esta prática agora se torna muito

mais precisa, pois pode-se contar com a classificação do uso do solo feita diretamente no campo, diminuindo a possibilidade de erro e aumentando os pontos que podem ser utilizados como parâmetro de análise.

A imagem Landsat utilizada não teve a importância esperada no projeto da pesquisa, mas o seu tratamento foi feito utilizando o software Spring. As imagens obtidas através do software Google Earth não necessitaram de tratamento, e apresentaram uma utilização muito mais produtiva do que a imagem Landsat, devido a maior resolução espacial. Havendo a disponibilidade de imagens do Google Earth viáveis, nesse modelo de trabalho de previsão de safra agrícola não se justifica a utilização das imagens Landsat. Assim, o modelo adotado atendeu ao objetivo de testar ferramentas de software e metodologias de trabalho no tratamento de imagens de satélite.

O objetivo de desenvolver uma metodologia de localização de áreas no campo o mais racional possível, economizando recursos e tempo, foi o que melhor produziu resultados. A localização dos segmentos e sua respectiva delimitação visual mostraram-se bastante eficientes, destacando-se a escolha acertada do modelo de receptor GPS e do emprego de um notebook diretamente no campo, possibilitando um acesso rápido às imagens dos segmentos em tamanho satisfatório e em ângulos variados. Tais equipamentos, em conjunto com a utilização do overlay, reduziram o custo e o tempo dos trabalhos a campo, oferecendo um custo/benefício aceitável para a aplicação da pesquisa no futuro.

Assim sendo, o trabalho de pesquisa atendeu a todos os objetivos específicos almejados, e assim também atendeu ao objetivo principal de aplicar e aprimorar uma metodologia de previsão de safra agrícolas através da utilização de tecnologias de geoprocessamento e amostragem no município de Sertanópolis.

Pelos resultados obtidos, o modelo testado é viável economicamente tanto para a execução pelos municípios quanto pelo estado, e ainda pressupõe uma ampliação com custo reduzido a outros recortes com os necessários ajustes perante a escala pretendida.

## REFERÊNCIAS

ADAMI, M. **Estimativa de áreas agrícolas por meio de técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e amostragem.** São José dos Campos, 2004. 183 p. (INPE 10235-TDI/900).

ADAMI, M. **Estimativa de Áreas Agrícolas por Meio de Técnica de Sensoriamento Remoto, Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e Amostragem.** São José dos Campos: INPE, 2003.

ADAMI, M. et al. **Painel amostral para estimativa de áreas agrícolas.** 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v42n1/11.pdf>>. Acesso em 07 jul. 2011.

ALMEIDA, J. **Da ideologia do progresso à idéia de desenvolvimento rural sustentável.** In: Almeida, J.; Navarro, Z. **Reconstruindo a agricultura: idéias e ideais na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável.** Porto Alegre: UFRGS, 1997. p. 33-55.

ANDRADE, A. F.; MEDINA, S. da S. F.. **O Uso de Imagens de Satélite do Google Earth como Recurso Didático para o Ensino de Projeções de Cobertura.** Disponível em: [http://www.degraf.ufpr.br/artigos\\_graphica/OUSODEIMAGENS.pdf](http://www.degraf.ufpr.br/artigos_graphica/OUSODEIMAGENS.pdf). Acesso em 25 nov. 2011.

BARBETTA, P.A. **Estatística Aplicada à Ciências Sociais.** Florianópolis : Edufsc, 2008.

CHAVEZ, Jr., P. S. **An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data.** Remote Sensing of Environment, v. 24, p. 459-479, 1988.

CREPANI, E.; DUARTE, V.; SHIMABUKURO, Y.E.; FIDALGO, E.C.C. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento no mapeamento regional da cobertura e uso atual da terra.** Geografia, v.27, p.119- 135, 2002.

DANA, P. H. **The Global Positioning System** Disponível em: <[http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/GPS/GPS\\_f.html](http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/GPS/GPS_f.html)>. Acesso em: out. 2011. De nov.de 2011.

FAO. **Multiple frame agricultural surveys: agricultural survey programmes based on area frame or dual frame (area and list) sample designs.** Roma, 1998. v.2, 242p.

FELIPE G. P. et al. **Concepção e Desenvolvimento de um Sistema de Previsão da Safra de Milho Para o Brasil.** XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Aracaju, 2007. Disponível em: < <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/13680/1/doc9556.pdf>>. Acesso em 31/10/2011.

FERREIRA Jr., **O GPS TRACKMACKER.** Disponível em: <http://www.GPStm.com/port/>>. Acesso em: out. 2011.



FIGUEIREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. 2005. Disponível em [http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos\\_sm.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf). Acesso em 12 de abril 2011.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos\\_sm.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf)>. Acesso em 10/10/2011.

FONSECA, L. M. G. **Processamento digital de imagens: Apostila de aula (INPE)**. São José dos Campos, 2000. 105 p.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

HOLBEN, B.; JUSTICE, C. **An examination of spectral band ratioing to reduce the topographic effect on remotely sensed data**. International Journal of Remote Sensing, 2 (2): 115 - 133, 1981.

INPE, **Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres**. Disponível em: <<http://www.cbbers.inpe.br/pt/programas/aplicacoes2.htm>>. Acesso em 20 fevereiro 2011.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola – LSPA** : Manual de instruções. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. 26 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Mapeamento das Unidades Territoriais - Malha Municipal Digital**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/territ\\_doc1.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/territ_doc1.shtm)>. Acessado em 03 de jan. de 2011.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Previsão e acompanhamento de safras nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina e no Distrito Federal: safras 1986/1987 e 1999/2000**. Estatísticas Básicas. Séries Retrospectivas, número 9. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

KIMES, D.S.; NEWCONH, W.W.; SCHUTT, J.B. **Directional reflectance factor distributions of a cotton row crop**. Int. Journal of Remote Sensing, - 5(2): 263-277, 1984.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Paraná (PR)**: mapa das limitações dos usos dos solos do Estado do Paraná por suscetibilidade à erosão. Brasília, 1981.

OLIVEIRA, A.U.de. **A longa marcha do campesinato brasileiro: movimentos sociais, conflitos e Reforma Agrária**. Estud.av. [online].2001, vol.15, n.43, pp. 185-206. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142001000300015>>. Acesso em 01 de Nov. de 2011.

OLIVEIRA, E.F.T.de, GRÁCIO, Maria Cládia Cabrini. **Análise a respeito do tamanho de amostras aleatórias simples: uma aplicação na área de Ciência da Informação**. Data Grama Zero - Revista de Ciência da Informação - v.6 n.3 jun/05. 2005. Disponível em: [http://www.engenhariaambiental.unir.br/admin/prof/arq/Oliveira\\_2005.pdf](http://www.engenhariaambiental.unir.br/admin/prof/arq/Oliveira_2005.pdf). Acesso em 24 de out. de 2011.

PINO, F.A. **Estatísticas agrícolas para o século XXI**. Agricultura em São Paulo, v.46, p.71-105, 1999.

ROSS, J. L.S. (org). **Geografia do Brasil**. São Paulo: Edusp, 1996.

SEAB. **Trigo**. Disponível em:<

[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/trigo\\_relato\\_2009\\_10.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/trigo_relato_2009_10.pdf)>. Acessado em 01 de Nov. de 2011.

SPRING: **Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling**. Camara G, Souza RCM, FreitasUM, Garrido J Computers&Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996. Disponível em:< <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>>. Acesso em 12 de out. 2011