INPE-1281-TPT/091

USO DE AMOSTRAGEM COM FOTOGRAFIAS AÉREAS NA ESTIMATIVA DE ÁREAS CULTIVADAS

Corina da Costa Freitas Yanasse
Lourdes Bernardete da Fonseca

Tese de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Análise de Sistemas e Aplicações, orientada por José Alberto Costacurta de Azevedo, aprovada em 28 de agosto de 1977.

INPE
São José dos Campos
1979

Publicado por:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)
Gabinete do Diretor – (GB)
Serviço de Informação e Documentação (SID)
Caixa Postal 515 – CEP 12.245-970
São José dos Campos – SP – Brasil
Tel.: (012) 3945-6923/21
Fax: (012) 3945-6919
E-mail: pubtc@sid.inpe.br

1.Classificação *INPE-COM.1/TPT* *C.D.U.: 62ES:621.38SR*	2.Período	4. Critério de Distribuição: interna [ ] externa [X]
3.Palavras Chaves (selecionadas pelo autor) *ÁREAS CULTIVADAS* *ANÁLISE DE SISTEMAS* *FOTOGRAFIAS AÉREAS* *SENSORIAMENTO REMOTO* *TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM*		
5. Relatório nº *INPE-1281-TPT/091*	6.Data *Junho, 1978*	7. Revisado por *Jorge de Mesquita*
8. Título e Sub-Título *USO DE AMOSTRAGEM COM FOTOGRAFIAS AÉREAS NA ESTIMATIVA DE ÁREAS CULTIVADAS*		9. Autorizado por *Nelson de Jesus Parada* *Diretor*
10. Setor *DSE/DES* Código		11. Nº de cópias *18*
12. Autoria *Corina da Costa Freitas Yanasse* *Lourdes Bernardete da Fonseca*		14. Nº de páginas *112*
13. Assinatura Responsável		15. Preço

16. Sumário/Notas

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma metodologia que permita ao decisor, dentro de suas restrições-valores, obter boas estimativas de áreas cultivadas, quando são utilizadas fotografias aéreas. É discutida a viabilidade da utilização de técnicas estatísticas, em particular as técnicas de amostragem. Desta forma, utilizando os conhecimentos teóricos adquiridos das ferramentas científicas a um problema prático. Na verificação da possibilidade de refinar o uso de técnicas de amostragem para estimação de áreas serão abordados 3 aspectos: 1) o número de fotografias que deverão ser tomadas de uma área em particular de modo a se obter uma amostra significativa; 2) a escala na qual deverão ser tiradas essas fotografias de modo a minimizar os custos de interpretação e os erros; 3) a técnica de medição de áreas a ser empregada. Será apresentado, também, um exemplo numérico para demonstrar o uso da metodologia desenvolvida e algumas de suas aplicações futuras.

17. Observações *Tese de Mestrado em Análise de Sistemas e Aplicações aprovada em 28 de agosto de 1977.*

Aprovado pela Banca Examinadora
em cumprimento dos requisitos exigidos
para a obtenção do Título de Mestre em
Análise de Sistemas e Aplicações

Dr.Derli Chaves Machado da Silva _____
Presidente da Banca

Eng.José Alberto Costacurta de Azevedo,MSc. _____
Orientador

Eco.René Antonio Novaes, MSc. _____
Co-Orientador

Eng.Agro.Getúlio Teixeira Batista,MSc. _____
Membro da Banca

Eng.Agro.Antonio Tebaldi Tardin, MSc. _____
Membro da Banca

Dr.João Mello da Silva _____
Membro da Banca
-convidado-

Corina da Costa Freitas Yanasse _____
Candidata

Lourdes Bernardete da Fonseca _____
Candidata

São José dos Campos, 29 de agosto de 1977

ÍNDICE

Pág.

ABSTRACT v

LISTA DE SÍMBOLOS vi

LISTA DE FIGURAS ix

LISTA DE TABELAS x

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO 1

1.1 - IMPORTÂNCIA DE PREVISÃO DE SAFRAS 1

1.2 - VANTAGENS DO USO DE AMOSTRAGEM EM PREVISÕES DE SAFRAS 2

1.3 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS DIVERSOS MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE ÁREAS CULTIVADAS 4

1.4 - DEFINIÇÃO DO PROBLEMA 6

1.5 - DESCRIÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO 9

CAPÍTULO II - ESCOLHA DA TÉCNICA A SER EMPREGADA NA ESTIMATIVA DAS ÁREAS CULTIVADAS, PARA CADA UMA DAS ESCALAS 11

2.1 - TÉCNICAS DE CÁLCULO DE ÁREAS 11

2.2 - CONSIDERAÇÕES SOBRE O RELACIONAMENTO ENTRE TÉCNICAS E ESCALAS 12

2.3 - FATORES RELEVANTES NA ESCOLHA DA TÉCNICA 13

2.4 - NECESSIDADE DO CONHECIMENTO DA ÁREA REAL 14

2.5 - DETERMINAÇÃO DO ERRO MÉDIO E DO TEMPO MÉDIO POR "FOTO" 15

2.6 - CONSIDERAÇÕES 19

2.7 - PARTICIPAÇÃO DO DECISOR NA ESCOLHA DA MELHOR TÉCNICA PARA CADA ESCALA 23

2.8 - APRIMORAMENTO DAS MEDIDAS OBTIDAS ATRAVÉS DAS TÉCNICAS DE MEDIÇÃO DE ÁREAS 24

2.9 - CONCLUSÕES 26

CAPÍTULO III - ESCOLHA DA MELHOR ESCALA, UTILIZANDO AS MELHORES TÉCNICAS DE MEDIÇÃO DE ÁREAS 27

Pág.

3.1 - CONSIDERAÇÕES SOBRE A REGIÃO PARA A QUAL SERÁ ESCOLHIDA A MELHOR ESCALA 27

3.2 - DIFERENÇAS ENTRE AS ESCALAS UTILIZADAS 27

3.3 - RELAÇÃO ENTRE O TAMANHO DA AMOSTRA E O CUSTO 30

3.4 - CÁLCULO DAS PORCENTAGENS DOS TEMAS E DAS VARIÂNCIAS POPULACIONAIS 33

3.5 - CONSIDERAÇÕES SOBRE AS PORCENTAGENS 42

3.6 - DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA PARA CADA ESCÁLA 45

3.7 - ESCOLHA DA ESCALA A SER UTILIZADA 47

CAPÍTULO IV - AMOSTRAGEM PARA A REGIÃO DE JARDINÓPOLIS 49

4.1 - CONFIRMAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA AMOSTRA 49

4.2 - DETERMINAÇÃO DA VARIÂNCIA PARA O DIMENSIONAMENTO DAS AMOSTRAGENS SUBSEQUENTES 52

4.3 - CONSIDERAÇÕES SOBRE AS AMOSTRAGENS PARA OS ANOS SUBSEQUENTES 53

4.4 - AMOSTRAGEM PARA OS ANOS SUBSEQUENTES EM CONDIÇÕES ADVERSAS .. 55

CAPÍTULO V - AMOSTRAGEM PARA OUTRAS REGIÕES 57

5.1 - UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA EM OUTRAS REGIÕES 57

5.2 - MELHOR TÉCNICA A SER EMPREGADA 57

5.3 - ESCALA A SER UTILIZADA E DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA . 58

CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES 61

AGRADECIMENTOS 63

BIBLIOGRAFIA 65

APÊNDICE A - TABELAS DEMONSTRATIVAS DOS DADOS OBTIDOS DAS FOTOS ... A.1

APÊNDICE B - TABELAS DEMONSTRATIVAS DA RELAÇÃO ENTRE ERRO E TAMANHO DA AMOSTRA B.1

ABSTRACT

The objective of this research was to develop a methodology which enables a decision-maker to obtain accurate estimations of the size of cultivated areas using conventional aerial photography. The value-system of the decision maker and various types of restrictions on systems costs and error calculations were considered. The viability of using statistical techniques for area estimations, specifically sampling techniques, is discussed. Thus, some of the theoretical knowledge of scientific tools are applied to a real problem. In verifying the possibility for refining the use of sampling techniques for area estimations, the following three aspects were considered: 1) the optimum number of photographs that should be taken of a particular study area to obtain a viable statistical sample; 2) the optimum scale in which these photographs should be taken in order to minimize interpretation cost and errors; 3) various techniques for aereal estimations. A statistical example showing the use of the methodology and possible future applications are presented.

LISTA DE SÍMBOLOS

A_k - área de Jardinópolis contida na foto k

$\hat{A}_k$ - estimador da área de Jardinópolis contida na foto k

a_{ick} - área verdadeira da cultura c na foto k na escala E_i

$\hat{a}_{ick}$ - estimador da área da cultura c na foto k na escala E_i

c - índice relativo à cultura

C_i - custo total das observações amostrais quando a escala E_i é utilizada

CF_i - custo do material fotográfico

CI_i - custo relativo ao tempo gasto na identificação e delimitação das culturas

CS_i - custo de sobrevôo da região

CT_i - custo relativo ao tempo dispendido na medição das áreas cultivadas

E_1 - escala 1:10.000

E_2 - escala 1:20.000

E_3 - escala 1:30.000

e - erro máximo admissível pelo decisor

e_c - erro cometido na estimação da porcentagem populacional da cultura c, através de $\bar{p}_c$

e'_c - erro cometido na estimação da porcentagem populacional da cultura c, através de $\bar{p}_c$

$\bar{e}_{ij}$ - erro médio por foto, na escala E_i, cometido pela técnica T_j

$\bar{e}_{ijk}$ - erro médio por foto, cometido pela técnica T_j, baseado em k fotografias na escala E_i

e_{ijks} - erro cometido pela técnica T_j na área cultivada s, pertencente a k-ésima foto na escala E_i

e_{ijn} - erro da n-ésima foto na escala E_i quando a técnica T_j é utilizada

h - índice relativo ao número de fotografias empregadas no cômputo do tempo médio

i - índice relativo à escala utilizada

j - índice relativo à técnica empregada

k - índice relativo ao número de fotografias empregadas no cômputo do erro médio

N_i - número de fotografias na escala E_i necessárias para o recobrimento total da região

n_i - número de fotografias na escala E_i, pertencentes à amostra

n_i^* - maior dos n_{ic}

n_{ic} - tamanho de amostra necessário para a estimação da cultura c com base em fotografias na escala E_i

$\overline{P}_{ic}$ - porcentagem média populacional da cultura c quando utilizadas as N_i fotos na escala E_i

P_{ic}^* - porcentagem populacional da cultura c quando a escala E_i é utilizada

$\hat{P}_{ic}$ - porcentagem populacional estimada através da relação entre a área cultivada total da cultura c e a área total de Jardinópolis

$\overline{p}_{ic}$ - porcentagem média da cultura c quando utilizadas as n_i fotos na escala E_i

$\hat{p}_{ic}$ - estimador da porcentagem populacional calculada através da relação entre a área da cultura c e a área da região de Jardinópolis cobertas no levantamento amostral

P_{ick} - porcentagem da cultura c na foto k quando a escala E_i é utilizada

S_{ic}^2 - quase-variância populacional das porcentagens da cultura c, quando a escala E_i é utilizada

s_{ic}^2 - variância das porcentagens médias amostrais da cultura c, quando a escala E_i é utilizada

T_1 - balança de precisão

T_2 - planímetro

T_3 - rede de 0,5 em 0,5 cm

T_4 - rede de 0,1 em 0,1 cm

T_5 - rede de 0,2 em 0,2 cm

T_i^* - técnica de medição de áreas escolhida pelo decisor como a melhor para a escala E_i

$\bar{t}_{ij}$ - tempo médio por foto na escala E_i, quando a técnica T_j é utilizada

$\bar{t}_{ijh}$ - tempo médio por foto consumido pela técnica T_j, baseado em h fotos na escala E_i

t_{ijn} - tempo dispendido pela técnica T_j na medição de todas as áreas cultivadas da n-ésima foto na escala E_i

X - área cultivada medida

Y - área cultivada real

α - grau de confiabilidade

$\Delta\bar{e}_k$ - incremento cometido na estimação do erro médio cometido pela técnica T_j, decorrente da utilização do erro cometido na k-ésima foto da escala E_i

$\Delta\bar{t}_h$ - incremento cometido na estimação do tempo médio decorrente da utilização do tempo gasto na medição das áreas cultivadas h-ésima foto da escala E_i

ζ - valor obtido na tabela normal, referente ao grau de confiabilidade

LISTA DE FIGURAS

Pág.

FIG. I.1 - DISTRIBUIÇÃO DAS ATIVIDADES DE PREVISÃO DE SAFRAS 3

FIG. III.1 - RELAÇÃO ENTRE O CUSTO E O TAMANHO DA AMOSTRA PARA A ESCALA 1:10.000 34

FIG. III.2 - RELAÇÃO ENTRE O CUSTO E O TAMANHO DA AMOSTRA PARA A ESCALA 1:20.000 35

FIG. III.3 - RELAÇÃO ENTRE O CUSTO E O TAMANHO DA AMOSTRA PARA A ESCALA 1:30.000 36

LISTA DE TABELAS

Pág.

TABELA II.1 - TABELA DEMONSTRATIVA DO ERRO MÉDIO E PERCENTUAL POR FOTO E TEMPO MÉDIO POR FOTO NA ESCALA 1:10.000 20

TABELA II.2 - TABELA DEMONSTRATIVA DO ERRO MÉDIO E PERCENTUAL POR FOTO E TEMPO MÉDIO POR FOTO NA ESCALA 1:20.000 21

TABELA II.3 - TABELA DEMONSTRATIVA DO ERRO MÉDIO E PERCENTUAL POR FOTO E TEMPO MÉDIO POR FOTO NA ESCALA 1:30.000 22

TABELA III.1 - RECEITA LÍQUIDA TOTAL DA REGIÃO DE JARDINÓPOLIS 39

TABELA III.2 - PORCENTAGENS MÉDIAS E VARIÂNCIAS POPULACIONAIS UTILIZANDO A ESCALA 1:10.000 40

TABELA III.3 - PORCENTAGENS MÉDIAS E VARIÂNCIAS POPULACIONAIS UTILIZANDO A ESCALA 1:20.000 41

TABELA III.4 - PORCENTAGENS MÉDIAS E VARIÂNCIAS POPULACIONAIS UTILIZANDO A ESCALA 1:30.000 41

TABELA III.5 - PORCENTAGENS ESTIMADAS ATRAVÉS DA FÓRMULA III.3 44

TABELA IV.1 - RESULTADOS DA AMOSTRAGEM COM FOTOGRAFIAS SELECIONADAS 51

TABELA IV.2 - RESULTADOS DA AMOSTRAGEM ALEATÓRIA 52

TABELA A.1 - TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS DAS FOTOS NA ESCALA 1:10.000 - BALANÇA DE PRECISÃO A.2

TABELA A.2 - TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS DAS FOTOS NA ESCALA 1:10.000 - PLANÍMETRO A.3

TABELA A.3 - TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS DAS FOTOS NA ESCALA 1:10.000 - REDE DE 0.5 EM 0.5 CM A.4

TABELA A.4 - TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS DAS FOTOS NA ESCALA 1:10.000 - REDE DE 1 EM 1 CM A.5

TABELA A.5 - TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS DAS FOTOS NA ESCALA 1:10.000 - REDE DE 2 EM 2 CM A.6

TABELA A.6 - TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS DAS FOTOS NA ESCALA 1:20.000 - BALANÇA DE PRECISÃO A.7

TABELA A.7 - TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS DAS FOTOS NA ESCALA 1:20.000 - PLANÍMETRO A.8

Pág.

TABELA A.8 - TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS DAS FOTOS NA ESCALA DE 1:20.000 - REDE DE 0.5 EM 0.5 CM A.9

TABELA A.9 - TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS DAS FOTOS NA ESCALA DE 1:20.000 - REDE DE 1 EM 1 CM A.10

TABELA A.10 - TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS DAS FOTOS NA ESCALA DE 1:20.000 - REDE DE 2 EM 2 CM A.11

TABELA A.11 - TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS DAS FOTOS NA ESCALA DE 1:30.000 - BALANÇA DE PRECISÃO A.12

TABELA A.12 - TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS DAS FOTOS NA ESCALA DE 1:30.000 - PLANÍMETRO A.13

TABELA A.13 - TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS DAS FOTOS NA ESCALA DE 1:30.000 - REDE DE 0.5 EM 0.5 CM A.14

TABELA A.14 - TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS DAS FOTOS NA ESCALA DE 1:30.000 - REDE DE 1 EM 1 CM A.15

TABELA A.15 - TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS DAS FOTOS NA ESCALA DE 1:30.000 - REDE DE 2 EM 2 CM A.16

TABELA B.1 - TEMPO ESTIMADO DE DELIMITAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DAS CULTURAS B.1

TABELA B.2 - CUSTOS UNITÁRIOS ADOTADOS PARA O CÁLCULO DAS FUNÇÕES DE CUSTO B.1

TABELA B.3 - RELAÇÃO ENTRE O ERRO E O TAMANHO DA AMOSTRA PARA A ESCALA 1:10.000 ..... B.2

TABELA B.4 - RELAÇÃO ENTRE O ERRO E O TAMANHO DA AMOSTRA PARA A ESCALA 1:20.000 ..... B.4

TABELA B.5 - RELAÇÃO ENTRE O ERRO E O TAMANHO DA AMOSTRA PARA A ESCALA 1:30.000 ..... B.6

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 - IMPORTÂNCIA DE PREVISÃO DE SAFRAS

Com as crises que o mundo atravessou nos últimos anos houve uma desaceleração do crescimento da economia mundial. Isto veio criar, para alguns países, a necessidade de encontrarem novas alternativas de dinamismo econômico. No caso brasileiro, verificou-se necessário dar ênfase à agricultura, onde repousa a esperança de se encontrar a alternativa para a obtenção de divisas imprescindíveis ao processo do desenvolvimento, para se estabelecer uma oferta agrícola a preços razoáveis e não inflacionários, para a manutenção de taxas positivas de crescimento do produto, para a redistribuição de renda, e ainda, por se tratar de uma fonte de recursos renováveis e imprescindíveis à vida (no caso dos alimentos).

Deste ponto de vista, a previsão de safras tem sido objeto de grandes estudos, e dentre os motivos pelos quais ela deve ser efetuada, pode-se ainda citar:

a) o abastecimento do mercado interno e a exportação;
b) políticas governamentais tendentes a fomentar o desenvolvimento de determinados produtos, considerados vitais para nossa economia, e a desestimular o interesse pelo plantio de outros produtos de menor importância face aos objetivos econômicos nacionais;
c) a estimação dos prejuízos decorrentes de pragas, inundações, geadas, secas e outros fenômenos ecológicos, possibilitando, pelo conhecimento das áreas atingidas, a adoção de medidas, visando à solução do problema de escassez de determinados produtos, e seus reflexos na alta de preços, assim como à assistência as populações empenhadas nas atividades agrícolas de tais áreas.

"Modelos econômicos recentemente desenvolvidos indicam que pequenos melhoramentos na precisão de previsão tem potencialmente rendas de centenas de milhões de dólares para os consumidores mundiais.

Previsões imprecisas levam os agricultores a decidir erroneamente quanto ao plantio das diferentes culturas. Previsões precisas, obtidas logo no início do ano agrícola, permitem uma melhor política e planejamento do país na luta contra o excesso ou escassez de produtos agrícolas. Boas previsões permitem aos agricultores tomar decisões de contorno dirigidas ao aumento de seu lucro por reduzir os custos ou proteger-se da baixa de preços causada por super-produção. Quanto mais no início esta informação é obtida, maior será o número de ações a serem tomadas e maiores serão os benefícios." (The practical utilization of remote sensing technology for the management and conservation of natural resources - Castruccio e Loats - março de 1974).

Sendo a previsão de safras o produto da área cultivada pela produtividade prevista, existem duas estimativas contribuintes para o erro total da previsão. Uma parte, que se deve à imprecisão da estimativa da área cultivada de uma cultura, e a outra que se deve à produtividade prevista para cada área.

Neste trabalho foi elaborada uma metodologia para a estimação de áreas cultivadas, visando uma possível redução do erro, de estimação, e dos custos envolvidos.

Certamente o melhoramento nas estimativas da área cultivada implicará em melhores previsões de safras, o que de acordo com o que foi citado anteriormente, tem potencialmente renda de grande monta para os consumidores mundiais.

1.2 - VANTAGENS DO USO DE AMOSTRAGEM EM PREVISÕES DE SAFRAS

Tendo, como foi exposto, a previsão de safras tão grande importância na economia nacional, muitos países tem se empenhado na

Fig. I.1 - Distribuição das atividades de previsão de safras.

FONTE: Castruccio e Loats, 1974.

obtenção de boas estimativas das futuras colheitas. Essas estimativas variam muito de país para país quanto ao aprimoramento do sistema de obtenção de dados agrícolas. Tal afirmação pode ser verificada pela análise da Figura I.1, a qual ilustra a distribuição das atividades de previsão de safras.

No planejamento dos métodos de previsão de safras, se faz necessária a preocupação de elaborar as previsões em tempo restrito e de modo não muito oneroso.

Esta preocupação torna-se acentuada em países cuja área agrícola é muito extensa, como é o caso do Brasil. Por esses motivos é impraticável, em tempo razoávelmente curto, uma coleta de dados de toda uma região. Frente a esses problemas, a teoria de amostragem se apresenta como uma potente ferramenta nas coletas de dados, podendo ser feitas previsões de safras com erros pequenos, e em tempo hábil para implementar ou modificar as políticas anteriormente adotadas.

Além disso, um fator importante do uso de amostragem é a redução dos custos, devido ao fato de não se manipular todos os dados relativos à população, e sim somente a uma parte da mesma.

1.3 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS DIVERSOS MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE ÁREAS CULTIVADAS

Os principais métodos de estimativa de áreas cultivadas com fins de previsão de safras são aqueles que se baseiam em questionários enviados ao agricultores, fotografias aéreas e imagens do satélite "LANDSAT".

Os questionários enviados aos agricultores acarretam uma grande margem de erro, devido principalmente as perguntas mal respondidas ou, até mesmo, se for o caso de questionários enviados por correios, a não devolução dos mesmos. Um fato que também pode conduzir a grandes erros é a má formulação de questionários. Além disso, esse tipo de

levantamento envolve demasiado tempo, muitas vezes não permitindo ao governo uma mudança de estratégia com respeito a política anteriormente adotada. Tais desvantagens existem ao se considerar a realidade brasileira, tendo em vista que em outros países, com o uso do mesmo método, se obtêm boas estimativas.

No levantamento feito através das imagens obtidas pelo satélite "LANDSAT" as vantagens residem principalmente no fato deste método ser menos oneroso, e também possibilitar a interpretação automática dos dados. Além disso, o satélite funciona em uma órbita quase-circular, síncrona com o Sol, dando uma volta em torno da Terra em aproximadamente 103 minutos. Com esta órbita, os sensores tomam a imagem de uma mesma área sempre com aproximadamente o mesmo ângulo de iluminação solar. Cada área é repetitivamente imageada a cada 18 dias à mesma hora local permitindo, assim, um controle contínuo e bastante atualizado da área. Entretanto, os atuais sensores do satélite apresentam uma resolução nominal de 57 m x 79 m a qual é bastante restritiva para a análise espectral discriminativa das culturas.

No momento, um outro ponto negativo é que as informações podem ser perdidas devido a cobertura de nuvens. Este fato torna-se relevante quando está se tratando de previsões de safras pois, para muitas culturas, o período para a obtenção de boas informações coincide com a época das chuvas, época esta na qual existe grande quantidade de nuvens. Como o tempo é relativamente curto (cerca de quatro meses ao ano) o satélite varrerá a mesma área aproximadamente seis vezes. Poderá acontecer que dentro desse período viável de se fazer uma boa previsão de safras, não se obtenha nenhuma imagem livre de cobertura de nuvens.

A utilização de fotografias aéreas permite solucionar os problemas inerentes aos dois tipos de levantamentos acima mencionados. As fotografias aéreas comparadas às imagens do satélite permitem uma maior confiabilidade com relação a distinção entre as diversas culturas,

e no estabelecimento dos respectivos limites. E se comparadas com questionários, esses mesmos fatores conduzem a melhores informações da área cultivada do que aquelas conseguidas no levantamento por questionários, pois estas últimas são muito subjetivas. Além disso, sendo um método de fácil controle, principalmente quando se trabalha numa área relativamente pequena, o uso de fotografias aéreas permite escolher um dia propício dentro do período viável de se obter boas imagens, eliminando assim, quase que totalmente a perda de informações devida a fatores atmosféricos, o que, não ocorre quando se faz uso das imagens de satélite. As fotografias aéreas, por si só um meio de estimativa da área cultivada, devido a sua excelente resolução, são essenciais, no atual estado da arte, para dar suporte ao tratamento dos dados do satélite.

Um fator que beneficiaria grandemente o levantamento aero-fotográfico seria a existência de um serviço de meteorologia que pudesse prever continuamente, e com grande segurança, as condições atmosféricas da região a ser estudada. Da mesma forma, o levantamento feito através das imagens de satélite será beneficiado quando os sensores do satélite forem substituídos por outros que produzam boas imagens, independentes das condições atmosféricas. A não obtenção de informações, ou o extravio das mesmas, ocorridas normalmente quando se faz um levantamento por questionários, colocam também as fotografias aéreas num plano superior. Uma dificuldade que surge quando se pensa em fotografias aéreas é o fato de que as mesmas não permitem interpretação automática de uma forma direta, necessitando assim de uma equipe de técnicos para analisá-las e retirar delas todas as informações necessárias ao desenvolvimento de um trabalho. Entretanto, este fato não impede que essas informações sejam obtidas em tempo hábil de se fazer uma previsão de safras ou qualquer outra estimativa que seja necessária.

1.4 - DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

O Departamento de Sensoriamento Remoto do Instituto de Pesquisas Espaciais tem procurado utilizar seus recursos humanos e materiais na obtenção de informações que contribuam para o desenvolvimento

do país. Assim, existe uma variedade de problemas os quais, quando resolvidos, darão grande impulso à utilização do Sensoriamento Remoto na área agrícola.

Os levantamentos feitos através das imagens do satélite "LANDSAT" são mais baratos por km^2 do que aqueles que fazem uso das fotografias obtidas por avião. Entretanto, estes permitem um conhecimento mais detalhado das áreas que sobrevoarem.

Então, para otimizar o custo do levantamento por avião, a teoria da amostragem poderá ser um meio hábil, visto que não exigirá o sobrevôo de toda uma região de interesse mas, tão somente, de áreas-amostras, judiciosamente escolhidas como representativas.

Este trabalho trata, justamente de verificar a viabilidade dessa abordagem. Para isso, um dos seus objetivos é a determinação do número mínimo de fotografias que devem ser tiradas de uma região, de modo a se obter uma boa estimativa da área cultivada. É lógico que a precisão dessa estimativa dependerá dos recursos financeiros disponíveis, e do tempo para calculá-la. Mais ainda, com o uso regular da amostragem, os resultados obtidos melhoram a cada sucessivo emprego da técnica.

Para a realização de um estudo com o intuito acima foram utilizados os dados referentes a região de Jardinópolis, SP, sendo que a existência de tais dados foi o fator que mais contribuiu para a escolha desta região.

No universo estatístico deste trabalho os elementos populacionais foram as fotografias relativas ao levantamento aerofotográfico. Neles uma variação na escala acarretará uma variação no número de fotografias que constituem o levantamento populacional e, consequentemente, alterará o número de fotos a serem utilizadas na amostragem.

Um outro ponto que deve ser explicado diz respeito à técnica empregada na estimativa das áreas cultivadas. Muitas técnicas podem

ser utilizadas para estimativa das áreas entretanto, cada técnica exige um certo tempo para medir uma dada área e também um erro em tal medida. Os fatores tempo e erro são muito importantes, não devendo nenhum dos dois ser desprezado. Como os erros variam de técnica para técnica, para a comparação dessas duas estimativas da mesma área, calculadas através de técnicas diferentes, se faz necessário um padrão ou uma estimativa padrão de comparação. Ademais, cada técnica obterá um valor diferente da área total de uma certa cultura, exercendo influência na determinação do tamanho da amostra.

Tendo como foi exposto, a técnica de cálculo de áreas e a escala, influência no dimensionamento da amostra, a verificação da viabilidade de determinação do número de fotografias que comporão a amostra, exige o conhecimento "a priori" do erro e do tempo de medida, para cada possível técnicas de medição de áreas, e uma orientação quanto à escala a ser utilizada em levantamentos futuros.

Desta forma, será elaborada uma sistemática de questionamento tal que facilite aos tomadores de decisão levar em conta valores e restrições na procura das respostas às seguintes questões pertinentes à situação problemática:

a) será viável a retirada de uma amostra, ou será melhor coletar dados de toda a população?

b) poderá ser determinado um tamanho de amostra para uma região particular?

c) existirá alguma técnica de medição de áreas que poderá ser escolhida como sendo a melhor?

d) a quem caberá a escolha da técnica?

e) poderá ser indicada a escala a ser utilizada?

f) a metodologia estruturada de modo a verificar a viabilidade do uso de amostragem continuará válida para os anos subsequentes?

g) essa metodologia será igualmente válida para outras regiões?

1.5 - DESCRIÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

Juntamente com à Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo foi escolhido o município de Jardinópolis como área piloto para as atividades do Projeto Estatísticas Agrícolas, no ano de 1975. Por causa disso o município foi tomado como área de estudo para esse trabalho.

O município de Jardinópolis localiza-se na parte central da Divisão Administrativa de Ribeirão Preto (DIRA-RP), situada a noroeste do Estado de São Paulo. A área do município foi estimada por Batista et al (1976) em 521,07 km^2.

O município de Jardinópolis foi sobrevoado totalmente pela aeronave Bandeirante PP-FXC do INPE, no período de 12 a 15 de março de 1975, utilizando a câmera RC-10 munida do filme IR-color 2443, daí resultando uma cobertura na escala 1:20.000 que será utilizada nesse trabalho.

Esta cobertura serviu para identificação de culturas e para a construção de um mapa da região. Fazendo uso dos recursos do laboratório fotográfico de Cachoeira Paulista foram obtidos um mapa da escala 1:10.000 e outro na escala 1:30.000, respectivamente por ampliação e redução do mapa obtido na escala 1:20.000. Todos foram utilizados neste trabalho na busca de uma orientação sobre a escala a ser utilizada em levantamentos futuros.

CAPÍTULO II

ESCOLHA DA TÉCNICA A SER EMPREGADA NA ESTIMATIVA DAS ÁREAS CULTIVADAS, PARA CADA UMA DAS ESCALAS

2.1 - TÉCNICAS DE CÁLCULO DE ÁREAS

Em trabalhos realizados pela equipe do SERE envolvendo o cálculo de áreas, são comumente utilizadas cinco técnicas, a saber:

a) T_1 : balança de precisão;

b) T_2 : planímetro;

c) T_3 : redes quadriculadas de 0,5 em 0,5 cm;

d) T_4 : redes quadriculadas de 1,0 em 1,0 cm;

e) T_5 : redes quadriculadas de 2,0 em 2,0 cm.

A primeira técnica consiste em reproduzir as fotografias em papel de densidade homogênea e recortar as áreas demarcadas. Tais recortes são pesados numa balança de precisão. A área total da fotografia é calculada e o seu peso é também obtido pela balança. Sendo A a área total da fotografia, P o seu respectivo peso, e p o peso do recorte, a área a, a ser calculada é dada por:

$$a = \frac{A \cdot p}{P}$$

A segunda técnica consiste no uso do planímetro, para a estimativa da área. Este aparelho quando percorre o perímetro da área a ser avaliada obtém uma medida, a qual é então utilizada em uma fórmula, que leva em consideração a escala da fotografia, fornecendo assim a área que se está medindo.

Nos cálculos de áreas por redes, cada fotografia é quadriculada com um dos tamanhos de malhas acima mencionados. Tomando-se como

referência os vértices de cada quadrado, verifica-se quantos desses pontos pertencem à área a ser calculada. A área é então obtida através da relação:

$$a = \frac{A \cdot n}{N},$$

onde:

A = área total da fotografia;

n = número de vértices pertencentes à área delimitada;

N = número total de vértices das malhas inscritos na fotografia.

2.2 - CONSIDERAÇÕES SOBRE O RELACIONAMENTO ENTRE TÉCNICAS E ESCALAS

Para que seja possível escolher a melhor técnica de cálculo de áreas, será necessário especificar antes a escala na qual foram tiradas as fotografias, pois é provável que uma escala menor necessite de uma técnica mais precisa do que necessitaria se a escala fosse outra. Assim, a melhor técnica para uma determinada escala pode não o ser para uma outra.

Do mesmo modo, para se decidir sobre a escala a ser utilizada é necessário que se tenha conhecimento do erro provocado por se usar esta escala, e no cômputo deste erro estão incluídos os erros de estimativa das áreas. Assim, para a decisão da escala é preciso antes que seja especificada a técnica de medição de áreas que está sendo empregada.

Em outras palavras existe uma relação escala-técnica e para a escolha de uma delas é necessário a prefixação da outra.

Na dúvida entre a prefixação da técnica ou da escala, neste trabalho será escolhida antes a técnica de medição de área a ser utilizada para cada uma das escalas especificadas.

Assim, neste capítulo, serão dadas condições para que se decida qual a técnica de medição de áreas a ser empregada quando se utiliza uma determinada escala. Isto será feito para as três escalas seguintes, por serem as mais utilizadas pelo SERE:

a) E_1 : 1:10.000;

b) E_2 : 1:20.000;

c) E_3 : 1:30.000.

2.3 - FATORES RELEVANTES NA ESCOLHA DA TÉCNICA

A necessidade de um estudo que sirva de orientação, na escolha da técnica a ser empregada no cálculo de áreas, é devida à não existência de uma técnica que dê uma indicação precisa da área cultivada, em tempo razoavelmente curto.

Como os erros de cálculo de áreas e o tempo requerido para isso são medidos em unidades diferentes, seria de grande valia, para o decisor, um referencial que compatibilizasse essas duas medidas. Pensou-se a princípio, em encontrar funções que transformassem ambas as medidas em valores monetários e, em se usando o dinheiro como medida padrão, a melhor técnica seria obviamente aquela que minimizasse o custo.

No entando, como a estimativa das áreas cultivadas é efetuada para previsão de safras, tendo em vista os objetivos já desenvolvidos na introdução deste trabalho, encontrou-se grande dificuldade no estabelecimento de tais funções, já que a análise dos efeitos de uma previsão que apresentasse uma diferença significativa com relação às colheitas reais é por demais complexa.

Devido à impossibilidade de compatibilização das medidas de erro e tempo, e como não é possível "a priori" dizer qual das duas é de maior importância para o decisor, pois isso depende do objetivo da previsão, serão calculados somente o erro e o tempo dispendidos para cada técnica.

Com esses dois valores obtidos, para cada uma das técnicas, o decisor poderá escolher, num certo momento ou ocasião, aquela que melhor satisfaça seus objetivos.

2.4 - NECESSIDADE DO CONHECIMENTO DA ÁREA REAL

A dificuldade inicial reside na ausência do conhecimento da área real, com a qual as áreas estimadas pelas cinco técnicas seriam comparadas, para verificação do erro. Sem o conhecimento da área real seria impossível determinar qual das cinco técnicas é a melhor, pois não se teria um referencial de comparação.

Por observação de fotografias, verifica-se que as áreas cultivadas usualmente apresentam formas geométricas mais ou menos definidas. Por esta razão, e para simplificar o método de pesquisa, este capítulo do trabalho foi desenvolvido não com fotografias reais, mas com "fotos" desenhadas, nas quais as áreas cultivadas têm formas geométricas permitindo, deste modo, um cálculo direto da área real. Como este estudo foi feito para três escalas, fez-se necessária a construção de três categorias de "fotos", baseadas nas próprias fotografias da região, em cada uma das escalas. Em vista da semelhança das "fotos" com as fotografias reais, nenhuma das cinco técnicas foi beneficiada, no que tange ao cálculo das áreas. Além disso, as "fotos" foram construídas em papel ULTRAFAN, de expessura e densidade uniformes, de modo a não afetar o resultado da pesagem.

Para a determinação do valor real dos lados dessas figuras geométricas foi utilizada uma régua triangular de precisão e foram feitas várias medidas para cada lado, e para cada valor obtido foi calculada a média, até que o acréscimo de uma medida não acarretasse uma alteração significativa em tal média. Considerou-se que alterações de até 10% do último valor médio encontrado não seriam significativas.

2.5 - DETERMINAÇÃO DO ERRO MÉDIO E DO TEMPO MÉDIO POR "FOTO"

Segundo a metodologia que vem sendo estruturada, o decisor poderá escolher a melhor técnica baseando-se nos critérios de precisão e rapidez. Desta forma, faz-se necessária uma definição de precisão e rapidez.

Toda medição é sujeita a erros. Por isso, considerando que as fotografias são constituidas de várias partes, cada uma delas representando a área de uma certa cultura, quando é feita a medição de cada uma dessas áreas por meio de uma técnica especificada incorre-se em erros. Esses erros podem ser calculados, pois o valor real da área é conhecido. Supondo que nenhuma das técnicas seja tendenciosa, os valores estimados de cada uma das áreas da "fotos" ora serão sub-estimados, ora serão super-estimados, estando, desta forma, sujeitos a erros negativos ou positivos. Por este motivo, o nosso erro por "foto" foi definido como sendo a somatória em módulos dos erros das áreas cultivadas a ela pertencentes, como é usual na teoria dos erros de medida.

Formalizando, o erro da n-ésima "foto" na escala E_i quando a técnica T_j é utilizada foi definido como:

$$e_{ijn} = \sum_{s=1}^{m} \left| e_{ijns} \right| \qquad \text{(II.1)}$$

onde:

m - representa o número de áreas cultivadas pertencentes a n-ésima "foto";

e_{ijns} - representa o erro cometido pela técnica T_j na área cultivada s pertencente a n-ésima "foto" da escala E_i.

Da forma que foi definido está sendo tomado o "pior caso", onde os erros seriam ou todos positivos ou todos negativos. Entretanto,

um dos critérios que orientará o decisor não é o erro de uma fotografia, mas sim o erro médio. Resta especificar como ele foi calculado.

Tomando-se k "fotos" na escala E_i, o erro médio por "foto" para a técnica T_j será dado por:

$$\bar{e}_{ijk} = \frac{\sum_{n=1}^{m} e_{ijn}}{k}, \qquad i = 1, 2, 3 \quad j = 1, 2, 3, 4, 5$$

onde:

e_{ijn} é o erro da n-ésima "foto" na escala E_i, usando a técnica T_j.

Será preciso agora que se especifiquem como foi determinado o número de "fotos" utilizadas, para cada técnica e cada escala, para se estimar melhor o erro médio. Foi usada uma variação do método de Las Vegas (Ackoff e Sasieni, 1968), onde não serão utilizadas mais "fotos", quando o erro médio por "foto" estacionar.

Deste modo, para uma escala E_i e a técnica T_j foram tomadas inicialmente duas "fotos" e calculados e_{ij1} e e_{ij2} através da Fórmula II.1, e também $\bar{e}_{ij2}$, onde $\bar{e}_{ij2}$ representa o erro médio dessas duas "fotos". A seguir, foi tomada uma terceira foto e calculados e_{ij3} e $\bar{e}_{ij3}$, sendo:

$$\bar{e}_{ij3} = \frac{\sum_{n=1}^{3} e_{ijn}}{3} = \frac{e_{ij3} + 2 \cdot \bar{e}_{ij2}}{3}$$

Tomando-se k fotos, o erro médio será:

$$\bar{e}_{ijk} = \frac{e_{ijk} + (k-1) \cdot \bar{e}_{ij(k-1)}}{k}$$

Prosseguiu-se desta maneira até que fossem encontrados cinco valores consecutivos de $\bar{e}_{ijk}$ cuja variação em relação ao anterior fosse desprezível. Neste trabalho foi considerado como variação desprezível uma variação menor que 10% do valor do último erro médio por "foto". Ou seja, com a finalidade de diminuir flutuações exigiu-se que fossem encontradas cinco variações desprezíveis consecutivas, foi sendo exigido que:

$$\left| \bar{e}_{ij(k-4)} - \bar{e}_{ij(k-5)} \right| \leq L$$

$$\left| \bar{e}_{ij(k-3)} - \bar{e}_{ij(k-4)} \right| \leq L$$

$$\left| \bar{e}_{ij(k-2)} - \bar{e}_{ij(k-3)} \right| \leq L$$

$$\left| \bar{e}_{ij(k-1)} - \bar{e}_{ij(k-2)} \right| \leq L$$

$$\left| \bar{e}_{ijk} - \bar{e}_{ij(k-1)} \right| \leq L$$

onde:

$$L = 0{,}1 \cdot \bar{e}_{ijk}.$$

Além disso, para verificar se realmente o último erro médio encontrado não estava sujeito a variações que ultrapassassem àquela estipulada, foram feitas duas hipóteses. Na primeira foi suposto que na "foto" seguinte da série ocorreria um erro igual ao maior até então registrado. Calculou-se o erro médio e verificou-se qual era sua variação em relação ao anterior. Na segunda hipótese, que na "foto" seguinte da série ocorreria um erro igual ao menor encontrado até então. Igualmente foi calculado o erro médio e verificado qual a sua variação em relação

ao anterior. Se essas duas variações fossem desprezíveis (ou seja, satisfizessem a condição estabelecida de cinco valores menores que 10% do último erro médio), então o erro médio encontrado seria o estimador do erro da técnica adotada. Caso o valor encontrado para o erro médio, quando foram feitas as suposições acima, sofresse variação considerável, seria continuada a busca de um erro médio cujas diferenças com os cinco erros médios anteriores fossem desprezíveis, e não sofresse variação considerável se fossem feitas as suposições do "maior erro" e do "menor erro". O valor do erro médio por "foto" assim encontrado foi o estimador do erro da técnica.

Como o tempo médio por "foto" servirá também como orientação para o decisor, foi igualmente necessário o computo de um estimador de tal tempo.

Analogamente, definiu-se t_{ijn} como sendo o tempo dispendido para calcular todas as áreas da n-ésima "foto", e o tempo médio quando h "fotos" são utilizadas é dado por:

$$\bar{t}_{ijh} = \frac{t_{ijh} + (h-1) \cdot \bar{t}_{ij(h-1)}}{h}$$

Quanto ao número h de "fotos" que foram utilizadas no computo do tempo médio por "foto", foi determinado utilizando a mesma metodologia estruturada para que fosse possível encontrar o valor de k.

Assim, foi igualmente necessário que fosse encontrados cinco valores consecutivos de $\bar{t}_{ijh}$ cuja variação com relação ao anterior fosse desprezível. Considerou-se desprezível uma variação menor que 10% do último tempo por foto.

Entretanto, com o acréscimo de outra "foto" poderiam ocorrer flutuações. Na tentativa de diminuir essas flutuações foi exigido igualmente que fossem encontradas cinco variações desprezíveis consecutivas. Verificou-se também se realmente o valor encontrado não sofreria

alteração siginificante caso a "foto" seguinte exigisse um tempo de cálculo igual ao maior até então registrado. Verificou-se ainda se a ocorrência de uma "foto", com um tempo de cálculo igual ao menor encontrado até então, não causaria alteração significante. Caso alguma das suposições acima conduzisse a uma alteração significativa no tempo médio por "foto", seria continuada a busca de um tempo médio por "foto" que satisfizesse todas as condições estabelecidas.

Desta forma, teve-se indicação de qual o tempo médio requerido pela técnica T_j, na estimativa das áreas cultivadas das fotografias, na escala E_i.

As tabelas contidas no Apêndice A ilustram a metodologia estruturada de modo a ser encontrado o valor do erro médio e do tempo médio.

O erro médio por "foto" e o tempo médio por "foto" são os fatores mais relevantes na escolha de qual, dentre as cinco técnicas, melhor satisfaz os objetivos do decisor. Assim, para cada uma das três escalas E_i atrás referidas foram encontrados cinco pares de valores $\bar{e}_{ij}$ e $\bar{t}_{ij}$, um para cada técnica T_j. As Tabelas II.1, II.2, II.3 mostram os valores de erro médio e percentual por "foto", e tempo médio encontrado, por "foto", que servirão para orientar o decisor na escolha da técnica que melhor satisfaça seus objetivos.

2.6 - CONSIDERAÇÕES

Neste trabalho o tempo médio, por "foto", dispendido para cada técnica, na estimativa das áreas, foi determinado através da somatória dos tempos requeridos para o cálculo de cada uma das áreas agrícolas pertencentes à "foto".

TABELA II.1

TABELA DEMONSTRATIVA DO ERRO MÉDIO E PERCENTUAL POR FOTO E TEMPO MÉDIO POR FOTO NA ESCALA 1:10.000

TÉCNICAS	ERRO MÉDIO (m^2)	ERRO MÉDIO PERCENTUAL (%)	TEMPO MÉDIO
Balança de precisão	$5,83.10^4$	1.10	20 min 2,85 seg
Planímetro	$8,03.10^4$	1.52	13 min 53,05 seg
Rede - 0,5 em 0,5 cm	$8,89.10^4$	1.68	20 min 45,60 seg
Rede - 1,0 em 1,0 cm	$18,04.10^4$	3.41	10 min 21,50 seg
Rede - 2,0 em 2,0 cm	$59,65.10^4$	11.27	6 min 44,63 seg

TABELA II.2

TABELA DEMONSTRATIVA DO ERRO MÉDIO E PERCENTUAL POR FOTO E TEMPO MÉDIO POR FOTO NA ESCALA 1:20.000

TÉCNICAS	ERRO MÉDIO (m^2)	ERRO MÉDIO PERCENTUAL (%)	TEMPO MÉDIO
Balança de precisão	$23,24.10^4$	1.10	42 min 28,3 seg
Planímetro	$56,80.10^4$	2.68	37 min 20,1 seg
Rede - 0,5 em 0,5 cm	$62,00.10^4$	2.93	25 min 5,7 seg
Rede - 1,0 em 1,0 cm	$149,24.10^4$	7.05	14 min 59,4 seg
Rede - 2,0 em 2,0 cm	$444,64.10^4$	21.01	11 min 36,6 seg

TABELA II.3

TABELA DEMONSTRATIVA DO ERRO MÉDIO E PERCENTUAL POR FOTO E TEMPO MÉDIO POR FOTO NA ESCALA 1:30.000

TÉCNICAS	ERRO MÉDIO (m^2)	ERRO MÉDIO PERCENTUAL (%)	TEMPO MÉDIO
Balança de precisão	$85,50.10^4$	1.80	80 min 53,4 seg
Planímetro	$152,01.10^4$	3.19	50 min 1,0 seg
Rede - 0,5 em 0,5 cm	$212,22.10^4$	4.46	34 min 51,3 seg
Rede - 1,0 em 1,0 cm	$505,62.10^4$	10.62	24 min 39,2 seg
Rede - 2,0 em 2,0 cm	$1372,77.10^4$	28.83	19 min 34,0 seg

Entretanto, quando se faz necessária a estimativa das áreas cultivadas e a técnica escolhida é a da balança de precisão, o processo comumente usado pelos integrantes do Departamento de Sensoriamento Remoto difere ligeiramente do utilizado neste trabalho. Ao invés de pesar cada uma das áreas cultivadas pertencentes a cada uma das fotografias, eles agrupam, por tema, todas as áreas e então efetuam a pesagem de cada um desses grupos. Isto faz com que o tempo médio, por fotografia, requerido para a estimativa das áreas cultivadas da região seja um pouco diferente do apresentado nas Tabelas II.1, II.2 e II.3.

Esta diferença, entretanto, não é muito expressiva, dado que só o tempo médio de recorte[1], por fotografia é de 11 min 42,5 seg, 23 min 52,1 seg e 44 min 56,6 seg para as fotografias nas escalas de 1:10.000, 1:20.000 e 1:30.000, respectivamente, consumindo desta forma, mais de 50% do tempo médio por fotografia estimado neste trabalho.

Para que fosse possível estimar o tempo médio por fotografia empregando o mesmo processo utilizado pelo SERE, bastaria que fosse calculado o tempo consumido na estimativa das áreas cultivadas, de todas as fotografias utilizadas no levantamento, e dividir pelo número de fotografias. Mas, esse tempo médio depende do número de fotografias que serão utilizadas no levantamento amostral. Como não se dispunha de informação "a priori" desse número, empregou-se o processo já descrito anteriormente.

2.7 - PARTICIPAÇÃO DO DECISOR NA ESCOLHA DA MELHOR TÉCNICA PARA CADA ESCALA

Neste capítulo foi apresentada a metodologia que tem por finalidade orientar o decisor na escolha da melhor dentre as cinco técnicas, para cada uma das três escalas.

---

(1) *Este tempo foi estimado seguindo-se a mesma metodologia estruturada para o computo do erro médio e tempo médio por "foto".*

Para cada escala o decisor terá condições de escolher, dentre as técnicas T_j, aquela que melhor satisfaça seus objetivos e suas restrições de erro e tempo. Assim, se para ele é importante a obtenção de uma estimativa em um tempo especificado, logicamente ele procurará uma técnica que satisfaça essa restrição de tempo e, simultaneamente, lhe confira um erro conveniente.

A técnica escolhida pelo decisor como a melhor, para cada uma das escalas, será definida como T_i^*. É óbvio que o decisor poderá, para um particular objetivo, e para cada uma das escalas E_i, ser indiferente entre mais de uma técnica, e então haverá dois ou mais valores de T_i^*.

Por ser este trabalho um apoio ao Projeto Estatísticas Agrícolas (EAGRI), acredita-se que os elementos do projeto tem mais condições de tomar uma decisão sobre a técnica que deverá ser utilizada para dar sequência ao trabalho. Assim, entrando em contato com alguns integrantes do projeto e apresentando-lhes as Tabelas II.1, II.2 e II.3. Eles optaram, pela escala de 1:10.000, utilizando a técnica de medição com o planímetro. Para as escalas 1:20.000 e 1:30.000 suas escolhas recairam sobre a técnica que utiliza a rede quadriculada de 0,5 em 0,5 cm.

Como foi dito anteriormente, T_i^* seria a técnica escolhida pelo decisor como a melhor para a escala E_i. Então, para este trabalho tem-se:

T_1^* : planímetro;

T_2^* : rede de 0,5 em 0,5 cm;

T_3^* : rede de 0,5 em 0,5 cm.

2.8 - APRIMORAMENTO DAS MEDIDAS OBTIDAS ATRAVÉS DAS TÉCNICAS DE MEDIÇÃO DE ÁREAS

Na tentativa de obter melhores informações acerca das técnicas de medição de áreas, procurou-se ajustar uma curva que pudesse, a

partir da área medida de uma certa cultura, por uma técnica qualquer, indicar qual seria a área real dessa cultura.

Caso essa relação área medida x área real seja confiável, será possível, não só diminuir os erros de medidas, mas também economizar tempo, pois utilizando uma técnica menos precisa, mas que dispende um menor tempo na estimativa de áreas, se conseguirá a mesma precisão que uma técnica mais demorada.

Na tentativa de encontrar uma curva que melhor ajustasse os valores encontrados das áreas cultivadas, com os respectivos valores reais, fez-se um ajustamento através dos mínimos quadrados, de modo a permitir que fossem ajustados até polinômios do 4º grau.

Para ajustar tais curvas foram utilizados metade dos valores das áreas medidas na escala de 1:20.000, para cada uma das cinco técnicas. Como os valores reais de tais áreas eram disponíveis, foi possível tal ajuste, e os resultados obtidos foram:

Balança de precisão:

$$Y = -0{,}00217 + 1{,}018.X - 0{,}015.X^2 + 0{,}004.X^3$$

Planímetro:

$$Y = 0{,}00379 + 0{,}992.X + 0{,}006.X^2 + 0{,}005.X^3 - 0{,}001.X^4$$

Rede de 0,5 em 0,5 cm:

$$Y = 0{,}00015 + 0{,}996.X + 0{,}014.X^2 - 0{,}006.X^3 + 0{,}001.X^4$$

Rede de 1,0 em 1,0 cm:

$$Y = -0{,}00864 + 0{,}928.X + 0{,}081.X^2 - 0{,}032.X^3 + 0{,}004.X^4$$

Rede de 2,0 em 2,0 cm:

$$Y = 0{,}04456 + 0{,}482.X + 0{,}648.X^2 - 0{,}221.X^3 + 0{,}023.X^4$$

onde Y representa a área real e X a área medida em km^2, por cada uma das técnicas. Os programas de computador de onde foram obtidos esses resultados estão apresentados no Apêndice C.

No ajuste dessas curvas foi utilizada só a metade dos valores das áreas medidas. A outra metade foi usada no teste da confiabilidade do ajuste.

Verificou-se que, para a balança de precisão, o planímetro e a rede de 0,5 em 0,5 cm, esse ajuste é bom para valores pequenos e médios de áreas. Estas técnicas são de boa precisão, como pode ser visto pelos gráficos do Apêndice C, principalmente a balança, cuja melhora trazida pelos ajustes foi mínima. Observou-se também que o ajuste feito para o planímetro super estima os valores de áreas medidas nesse intervalo. Talvez com uma maior quantidade de dados esse ajuste possa ser melhorado.

Como pode ser visto pelos gráficos do Apendice C, com o aumento da malha da rede, a área medida afasta-se do valor real, fazendo com que a possível tentativa de ajuste para se encontrar um valor que melhor se aproxime da realidade, perca seu significado.

Como sugestões poderão ser estudados a existência de alguma mudança desse ajuste, quando se variam as escalas, ou um outro tipo de ajuste, como por exemplo, o ajuste por intervalos de classes.

2.9 - CONCLUSÕES

Neste capítulo foram estimados, para cada técnica e para cada uma das escalas, os erros e tempo médios por fotografia, de modo a orientar o decisor na escolha da técnica que melhor satisfaça os seus objetivos. Caso não ocorram mudanças radicais no padrão de plantio, os resultados estão apresentados nas Tabelas II.1, II.2 e II.3, serão válidos para levantamentos futuros da mesma região, não sendo necessário, portanto, a sua estimação para os anos subsequentes.

CAPÍTULO III

ESCOLHA DA MELHOR ESCALA, UTILIZANDO AS MELHORES TÉCNICAS DE MEDIÇÃO DE ÁREAS

3.1 - CONSIDERAÇÕES SOBRE A REGIÃO PARA A QUAL SERÁ ESCOLHIDA A MELHOR ESCALA

Tendo já verificado que a escolha da melhor técnica de medição de áreas está relacionada com a escala na qual são tiradas as fotografias, e como já foi dada uma orientação ao decisor quanto à escolha da técnica a ser utilizada em cada uma das escalas, se faz necessário agora um outro estudo, que tenha como resultado uma indicação a respeito da escala na qual deverão ser tiradas as fotografias de uma região.

Para um estudo desse tipo foram consideradas as melhores técnicas como sendo o planímetro, para a escala de 1:10.000, e a rede de 0,5 em 0,5 cm, para as escalas de 1:20.000 e 1:30.000.

Além disso, como no ano de 1975 foram tiradas fotografias de toda a região de Jardinópolis, aproveitou-se a existência desses dados para a realização de tal estudo.

A partir das fotografias aéreas, os componentes do Departamento de Sensoriamento Remoto do INPE, elaboraram um mapa de Jardinópolis na escala de 1:20.000. Este mapa foi transformado em outros dois, nas escalas aproximadas de 1:10.000 e 1:30.000. Recortaram-se esses mapas em quadrados de 23 x 23 cm, representando as fotografias aéreas da região. Assim esses recortes representam fotografias tiradas sem superposição

3.2 - DIFERENÇAS ENTRE AS ESCALAS UTILIZADAS

Embora o filme utilizado nos levantamentos aerofotográficos seja de boa qualidade, existe, para cada escala um grau de dificuldade

relativo à distinção entre as culturas, o que implicará em diferenças quanto à utilização da escala.

Além disso, o número de fotografias necessárias para o recobrimento de toda região diferirá com a mudança na escala utilizada. Assim, se as fotografias forem tiradas na escala 1:20.000, será necessário um número de fotografias aproximadamente quatro vezes menor do que aquele utilizado quando a escala é de 1:10.000. Se, por outro lado, a escala utilizada for 1:30.000, este número será aproximadamente nove vezes menor que na dita escala de 1:10.000.

Outra diferença entre as escalas surge com referência aos custos decorrentes da utilização de cada uma das três. Tem-se quatro tipos de custos: o de sobrevôo da região a ser estudada, o de material fotográfico, o de tempo gasto na identificação das diversas culturas, e o do tempo dispendido na medição das áreas cultivadas. No primeiro tipo de custo, considerou-se que, quanto menor a escala utilizada, maior será a altitude do avião, acarretando um custo de voo maior, para se alcançar a altitude desejada. Entretanto, desde que uma fotografia nesta escala cobrirá uma área maior da região, menos quilômetros serão voados, pois menos linhas de vôo serão necessárias para o sobrevôo total da região. Quanto ao segundo tipo de custo, este diminuirá com a altitude, pois menos material fotográfico será utilizado. Para uma foto, o custo devido ao tempo de identificação das culturas será maior com uma diminuição da escala, pois esta foto conterá um número maior de áreas cultivadas. Entretanto, o número de fotografias que compõem a amostra será menor, podendo o custo ser maior, menor ou igual. Quanto ao custo devido ao tempo para medir as áreas, notou-se que se a mesma técnica for utilizada para escalas diferentes, o tempo necessário para a medição de todas as áreas da região diminuirá com a diminuição da escala. Entretanto, para a escolha da melhor escala não serão utilizadas as mesmas técnicas, e sim as técnicas escolhidas pelo decisor, para cada uma das escalas. Assim, não é possível afirmar "a priori" se o tempo aumentará ou diminuirá com uma diminuição da escala. Portanto, cada um dos custos alterar-se-á quando a escala a ser utilizada for mudada.

Para que seja possível escolher a escala a utilizar é necessário um meio de comparar as escalas. Dentre as diferenças citadas acima, o custo é o que se apresenta como a de maior importancia na escolha da escala. Achou-se então que seria conveniente dizer que a melhor escala é aquela cujo custo é menor. Entretanto, como neste trabalho o objetivo é a viabilidade do uso de amostragem, os quatro tipos de custos acima não deverão ser relativos à população do universo em estudo, mas sim à uma parte, que é a amostra. Deste modo, a determinação da escala será baseada nos custos amostrais, e consequentemente no tamanho da amostra.

Em se tratando de um levantamento aerofotográfico, considerou-se como elementos populacionais cada uma das fotografias aéreas, sem superposição. Assim, o tamanho da população para cada escala, será o número de fotografias, sem superposição, necessárias ao recobrimento total da região. Consequentemente a amostra será constituída de alguns elementos populacionais, que são as fotografias aéreas.

A teoria de amostragem afirma que o tamanho de amostra depende da variância populacional e do erro de amostragem estipulado pelo decisor. Com relação à variância populacional, esta pode ser avaliada a partir das fotografias aéreas da região. Um dos objetivos deste trabalho é a determinação do número de fotografias que constituirão a amostra para os anos subsequentes. Para isso, será necessário conhecer sempre a variância populacional atualizada da região. Esta pode ser conhecida através do levantamento aerofotográfico de apenas uma parte da região, que constiuiria uma amostra piloto. Entretanto, essa alternativa torna o levantamento muito oneroso, sendo necessário pensar em uma outra alternativa. Assim, para a determinação do tamanho da amostra para os anos subsequentes sugere-se que se utilize sempre a variância amostral do ano anterior. Neste capítulo, devido à existência de fotografias de toda a região de Jardinópolis, do ano de 1975, foi utilizada a variância populacional desse ano para a escolha da melhor escala.

A dependência entre o tamanho da amostra e o erro de amostragem estipulado pelo decisor, induz a outras considerações a respeito do tamanho da amostra. Sabe-se que este tamanho de amostra acarretará um custo, o qual inclui os quatro tipos de custos mencionados. Para que o decisor especifique o erro por ele tolerado, é necessário que conheça, antes, o custo que este erro acarretará. Deste modo, o tamanho de amostra, o erro e o custo estão interligados e, para a determinação de um deles é necessário o conhecimento do outro. Assim, o próximo ítem referir-se-á à relação existente entre o número de fotos que constituem uma amostra, e o custo provocado por elas, para cada uma das escalas.

3.3 - RELAÇÃO ENTRE O TAMANHO DA AMOSTRA E O CUSTO

Definiu-se o custo como sendo a somatória dos custos de sobrevôo da região, de material fotográfico, e os relativos ao tempo gasto na identificação e na medição das áreas cultivadas das diversas culturas.

Desde que o decisor especifique o erro máximo admissível, pode-se determinar o número de fotografias que deverão compor a amostra e, daí, o custo relativo a essas fotografias. Como esses custos variam com a escala utilizada, pode-se escrever que, para um erro especificado pelo decisor, se tem:

$$C_i = CS_i + CF_i + CI_i + CT_i \qquad i = 1, 2, 3$$

onde:

C_i = custo total das observações amostrais quando a escala E_i é utilizada;

CS_i = custo de sobrevôo da região;

CF_i = custo de material fotográfico;

CI_i = custo relativo ao tempo gasto na identificação e delimitação das culturas;

CT_i = custo relativo ao tempo dispendido na medição das áreas cultivadas.

Para a verificação de qual a melhor escala, far-se-á uso do custo total das observações amostrais. Como este trabalho trata da verificação da possibilidade do uso de amostragem, é de grande utilidade a construção de um gráfico que estabeleça a relação entre o número de fotografias constituintes da amostra e o custo total dessas observações. Ou seja, deve-se estabelecer uma função h tal que:

$$C_i = h(n_i), \qquad i = 1, 2, 3$$

onde:

n_i - representa o número de fotografias da amostra, para a escala E_i.

No estabelecimento de tais funções foram utilizados, para cada tamanho de amostra, os quatro tipos de custos mencionados anteriormente. As considerações feitas para a determinação de cada um desses custos estão a seguir:

- Custo de sobrevôo da região - foram considerados os custos relativos ao tempo utilizado no vôo sobre a região para a obtenção das fotografias que constituirão a amostra, ao tempo para se atingir a altitude necessária e se colocar o avião na primeira linha de vôo, e também ao tempo de aterrisagem. Além disso, a necessidade de utilização de oxigênio quando o sobrevôo é feito para levantamentos na escala 1:30.000 acarreta um custo que foi também considerado no computo do custo de sobrevôo para esta escala. Dever-se-iam considerar, também, as diárias da equipe da aeronave, referentes ao número de dias gastos no levantamento aerofotográfico. Entretanto, esse número de dias dependerá das condições

meteorológicas da área em estudo, e como não se tem "a priori" uma informação precisa dessas condições meteorológicas, neste trabalho consideram-se apenas três diárias. Deixou-se de considerar o custo do deslocamento do avião e sua tripulação de São José dos Campos até a região em estudo, por ser este custo constante para todas as escalas, e portanto ter pouca influência num estudo comparativo, entre escalas.

- Custo de material fotográfico - foram considerados os custos do filme utilizado, de sua revelação, e das cópias em transparência positiva, das fotografias da região. Como o filme utilizado tem capacidade para 130 fotos, no cômputo do custo do filme e de sua revelação levou-se em conta apenas a parte do filme necessário para um número de fotografias igual ao que constitui a amostra, pois o restante do filme poderá ser utilizado no levantamento aerofotográfico de outras regiões de interesse.

- Custo relativo ao tempo gasto na delimitação e identificação das culturas - os tempos de delimitação e identificação das culturas de cada uma das fotos, e para cada uma das escalas foram estimados a partir das informações obtidas no Departamento de Sensoriamento Remoto do INPE, e estão contidos na Tabela B.1, do Apêndice B. Através das estimativas dos tempos de delimitação e identificação das culturas e do salário/dia do pesquisador, foi possível calcular o custo relativo ao tempo gasto quando o pesquisador utiliza as n_i fotos.

- Custo relativo ao tempo dispendido na medição das áreas cultivadas - as Tabelas II.1, II.2 e II.3 contêm a estimativa do tempo dispendido no cálculo de áreas agrícolas para uma foto. Consideraram-se para este trabalho as técnicas T_1^* como sendo o planímetro para a escala 1:10.000 e a rede 0,5 cm em 0,5 cm para as escalas de 1:20.000 e 1:30.000. Através do salário/dia do pesquisador foi também possível a determinação do custo relativo à medição das áreas cultivadas quando foram utilizados as fotografias que compõem a amostra.

Os custos envolvidos na determinação desses quatro tipos de custos estão contidos na Tabela B.2 do Apêndice B.

A seguir estão apresentados os três gráficos que relacionam o custo total das observações e o tamanho da amostra.

3.4 - CÁLCULO DAS PORCENTAGENS DOS TEMAS E DAS VARIÂNCIAS POPULACIONAIS

As fotografias construídas a partir de cada um dos mapas, nas três escalas, constituiram três populações, onde cada uma das fotos é um elemento populacional. Essas populações diferem quanto à escala na qual estão as fotografias e, consequentemente, quanto número total de elementos populacionais.

Para cada um desses elementos populacionais pode-se determinar a porcentagem de cada cultura, e daí as variâncias populacionais dessas porcentagens, para cada uma das três populações.

Na determinação dessas porcentagens utilizaram-se as técnicas escolhidas, neste trabalho, por alguns integrantes do DSR. Essas técnicas foram:

T_1^* : planímetro;

T_2^* : rede de 0,5 em 0,5 cm;

T_3^* : rede de 0,5 em 0,5 cm.

Foram calculadas as porcentagens em todas as fotografias que se fizeram necessárias para o recobrimento total da região em estudo. Assim, a porcentagem de uma dada cultura c na foto k quando a escala é E_i, é dada por:

$$P_{ick} = \frac{\text{área da cultura c pertencente a Jardinópolis, na foto k}}{\text{área de Jardinópolis pertencente à fotografia}} \cdot 100$$

Fig. III.1 - Relação entre o custo e o tamanho da amostra para a escala 1:10.000.

Fig. III.2 - Relação entre o custo e o tamanho da amostra para a escala 1:20.000.

Fig. III.3 - Relação entre o custo e o tamanho da amostra para a escala 1:30.000.

Pode-se também, para cada uma das três escalas, calcular a porcentagem média de cada cultura, a qual constituirá uma estimativa da porcentagem populacional dessa cultura.

Denominando N_i (2) o número de fotografias na escala E_i necessárias para o recobrimento total da região, a porcentagem média para a cultura c será:

$$\overline{P}_{ic} = \frac{\sum_{k=1}^{N_i} P_{ick}}{N_i} \qquad i = 1, 2, 3 \qquad \text{(III.1)}$$

Tendo sido obtidas as porcentagens de todas as fotografias e a porcentagem média, pode-se calcular a variância populacional dessas porcentagens para cada escala e cada cultura. Deste modo, se as fotografias forem tiradas na escala E_i, a quase-variância populacional das porcentagens da cultura c será:

$$S^2_{ic} = \frac{\sum_{k=1}^{N_i} (P_{ick} - \overline{P}_{ic})^2}{N_i - 1} \qquad i = 1, 2, 3$$

Por outro lado, para uma amostra de tamanho n_i a porcentagem média amostral será dada por:

$$\overline{p}_{ic} = \frac{\sum_{k=1}^{n_i} P_{ick}}{n_i} \qquad i = 1, 2, 3$$

---

(2) *Os valores de N_1, N_2 e N_3 são respectivamente 122, 35 e 17.*

A variância da porcentagem média amostral para cada cultura pode ser também calculada. Chamando de s^2_{ic} esta variância para a cultura c, e lembrando que se trata de uma população finita, pode-se escrever:

$$s^2_{ic} = \frac{S^2_{ic}}{n_i} \cdot \frac{N_i - n_i}{N_i} \qquad \text{(III.2)}$$

Para cada uma das culturas pode-se determinar a porcentagem média e a variância populacional. Na região de Jardinópolis no ano de 1975 existiam 15 temas, dos quais apenas 7 são relevantes em previsões de safras. São eles: algodão, amendoim, arroz, café, cana, milho e soja.

Caso fossem utilizadas todas essas culturas para a determinação do tamanho de amostra, poder-se-ia concluir que a amostra seria constituída de quase todos os elementos populacionais, o que tornaria oneroso o processo de amostragem. Entretanto, se este tamanho de amostra for influenciado por uma das culturas de pouca importância econômica para a região, o custo relativo à amostragem será maior do que o necessário. Assim, julgou-se conveniente verificar quais as três culturas de maior influência na balança comercial, e com elas elaborar o estudo proposto.

Um critério válido na escolha das culturas mais importantes da região foi a Receita Líquida Total. Para isso, tomou-se como base as áreas agrícolas de cada um desses 7 temas, áreas estas calculadas em 1975 pelos integrantes do projeto EAGRI. Baseando-se nos dados fornecidos pelo Instituto de Economia Agrícola (75/76), pudemos determinar a Receita Líquida Total para cada uma das 7 culturas, a qual pode ser verificada na Tabela III.1.

A partir dos valores da tabela concluiu-se que as três culturas mais representativas são: soja, cana, algodão.

TABELA III.1

RECEITA LÍQUIDA TOTAL DA REGIÃO DE JARDINÓPOLIS

TEMAS	ÁREA (ha)	REC. LÍQUIDA (Cr$/ha - 1975)	REC. LÍQ. TOTAL (Cr$ - 1975)
Algodão	4232	532,56	2.253.793,92
Amendoim	452	834,49(3)	377.189,48
Arroz	476	1.260,83	600.155,08
Café	794	987,94(4)	784.424,36
		- 97,81(5)	- 77.661,14
Cana	2509	1.807,20(6)	4.534.264,80
Milho	8138	98,70	803.220,60
Soja	6606	1.006,42	6.648.410,52

(3) *Receita Líquida Média considerando as tecnologias utilizadas: Tração Animal e Tração Motomecanizada.*

(4) *Receita Líquida Média considerando os rendimentos do café: 25 sacas/mil pés, 18,7 sacas/mil pés.*

(5) *Receita Líquida Média considerando os rendimentos do café: 25 sacas/mil pés, 18,7 sacas/mil pés, 12,5 sacas/mil pés e 6,3 sacas/mil pés.*

(6) *Receita Líquida Média considerando os três tipos de cana: nova, soca e ressoca.*

Um outro aspecto a ser considerado diz respeito ao tipo de amostragem empregado na elaboração desta metodologia. Pode-se verificar, pelo mapa construído com base nos dados de 1975, que o cultivo de cana-de-açúcar tem uma característica muito peculiar, pois ela se apresenta concentrada em determinados pontos. Esse aspecto favorece a utilização da amostragem estratificada. Assim, caso para o decisor seja importante a determinação de áreas de culturas que tenham cultivo semelhante ao da cana-de-açúcar, o tipo de amostragem mais adequado seria a estratificada e não a amostragem acidental simples. Essas observações fizeram com que este trabalho fosse elaborado com base nas culturas de soja, algodão e milho, e não nas três antes especificadas.

Assim, para cada uma das três escalas e para cada uma das fotografias foram determinadas as porcentagens de cada uma dessas três culturas. A partir daí foram calculadas as porcentagens médias e as variâncias populacionais. Estes valores estão apresentados nas Tabelas III.2, III.3 e III.4.

TABELA III.2

PORCENTAGENS MÉDIAS E VARIÂNCIAS POPULACIONAIS, UTILIZANDO A ESCALA 1:10.000

	Algodão	Milho	Soja
Porcentagem média	7,11	15,30	11,43
Variância populacional	117,78	234,36	262,20

TABELA III.3

PORCENTAGENS MÉDIAS E VARIÂNCIAS POPULACIONAIS, UTILIZANDO A ESCALA 1:20.000

	Algodão	Milho	Soja
Porcentagem média	7,68	15,77	11,43
Variância populacional	70,35	131,12	132,22

TABELA III.4

PORCENTAGENS MÉDIAS E VARIÂNCIAS POPULACIONAIS, UTILIZANDO A ESCALA 1:30.000

	Algodão	Milho	Soja
Porcentagem média	7,33	16,22	10,86
Variância populacional	18,45	122,99	84,68

3.5 - CONSIDERAÇÕES SOBRE AS PORCENTAGENS

Definindo a porcentagem populacional de uma cultura c, quando a escala E_i é utilizada, como sendo:

$$P^*_{ic} = \frac{\text{área total da cultura c}}{\text{área total de Jardinópolis}} \cdot 100 ,$$

vem

$$P^*_{ic} = \frac{\sum_{k=1}^{N_i} a_{ick}}{\sum_{k=1}^{N_i} A_k} \cdot 100 , \qquad \text{(III.3)}$$

onde:

a_{ick} - é a verdadeira área da cultura c na foto k;

$\sum_{k=1}^{N_i} A_k$ - representa a área total de Jardinópolis, estimada em 521,07 km² por Batista et al (1975).

As porcentagens médias apresentadas nas Tabelas III.2, III.3 e III.4 representam uma estimativa desta porcentagem populacional para as culturas de algodão, milho e soja.

Pode-se também estimar a porcentagem populacional da cultura c através da fórmula:

$$\hat{P}_{ic} = \frac{\sum_{k=1}^{N_i} \hat{a}_{ick}}{\sum_{k=1}^{N_i} \hat{A}_k} \cdot 100 \qquad \text{(III.4)}$$

onde:

$\hat{a}_{ick}$ - é a área medida da cultura c na foto k, ou seja, é uma estimativa de a_{ick};

$\hat{A}_k$ - é a área medida de Jardinópolis, contida na foto k.

A somatória sobre k, de todos os valores de $\hat{A}_k$ representa uma estimativa do valor 521,07 km².

Os valores obtidos através dessa última estimativa da porcentagem populacional, para as três culturas, em cada uma das escalas, estão contidos na Tabela III.5.

Comparando as duas estimativas de P^*_{ic} verificou-se que são diferentes. Eis o motivo pelo qual este fato se dá:

- Pela definição de porcentagem média, temos:

$$\bar{P}_{ic} = \frac{\sum_{k=1}^{N_i} P_{ick}}{N_i} = \frac{\sum_{k=1}^{N_i} \frac{\hat{a}_{ick}}{\hat{A}_k}}{N_i} \qquad \text{(III.5)}$$

Convém notar que os próprios P_{ick} constituem uma estimativa da porcentagem populacional, e portanto $\bar{P}_{ic}$ é uma média de estimativas desta porcentagem.

TABELA III.5

PORCENTAGENS ESTIMADAS ATRAVÉS DA FÓRMULA III.3

	ESCALA 1:10.000	ESCALA 1:20.000	ESCALA 1:30.000
Algodão	8,11	8,12	8,08
Milho	15,97	15,85	15,70
Soja	12,36	12,62	12,42

Por observação das fórmulas III.4 e III.5 verifica-se que os valores $\overline{P}_{ic}$ e $\hat{P}_{ic}$ seriam iguais se $\hat{A}_k = N_i \cdot \hat{A}$, onde $\hat{A} = \hat{A}_1 = \hat{A}_2 = \ldots = \hat{A}_{N_i}$, ou seja, se todas as fotografias contivessem a mesma quantidade de Jardinópolis. Entretanto isso não ocorre devido às fotografias que não apresentam somente a região de Jardinópolis, mas também as regiões à ela vizinhas.

Acredita-se que a estimativa $\hat{P}_{ic}$ dada pela fórmula III.3 seja, na maioria dos casos, uma estimativa melhor da porcentagem populacional, do que a dada pela porcentagem média. Esta suposição se baseia no fato de que ao se tomarem as fotografias que mostram outros municípios além do de Jardinópolis, determina-se um valor de P_{ick} da porcentagem da cultura que provavelmente não será um bom estimador da porcentagem populacional, pois estará tomando uma porcentagem menor da região de Jardinópolis. Sendo $\overline{P}_{ic}$ uma média constituida dos valores P_{ick}, e portanto englobando esses maus estimadores, ela poderá também não ser um bom estimador da porcentagem populacional.

Deste modo, sempre que for necessário uma estimativa da porcentagem populacional, sugere-se o uso da fórmula III.4. No caso de

se empregar amostragem julga-se ser também melhor o uso desta fórmula, alterando-se apenas N_i por n_i, ou seja, fazendo o estimador da porcentagem populacional igual a:

$$\bar{p}_{ic} = \frac{\sum_{k=1}^{n_i} \hat{a}_{ick}}{\sum_{k=1}^{n_i} \hat{A}_k} \cdot 100.$$

3.6 - DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA PARA CADA ESCALA

Como o estudo sobre a escolha da melhor escala a ser utilizada em levantamentos futuros será baseada em amostras, indica-se aqui como determinar o tamanho da amostra.

Desde que o decisor, dentro de suas restrições de erro e tempo, escolheu a melhor técnica de medição de áreas, não se fará mais referências à respeito da precisão das técnicas. Por esse motivo, supor-se-á que a distribuição por amostragem das porcentagens médias de amostras de n_i elementos para uma cultura c, numa escala E_i, tem média P^*_{ic} e variância s^2_{ic}, dadas pelas fórmulas III.3 e III.2, respectivamente. Tomando como referencial as porcentagens médias de amostras, a sua distribuição de probabilidade no mínimo aproximar-se-á da distribuição normal. Assim, um intervalo de confiança para a porcentagem populacional, com $(1 - \alpha)\%$ de confiabilidade, será:

$$\bar{p}_{ic} - \zeta \sqrt{s^2_{ic}} \leq P^*_{ic} \leq \bar{p}_{ic} + \zeta \sqrt{s^2_{ic}}$$

onde ζ é obtido na tabela da normal.

Pode-se escrever então que:

$$| P^*_{ic} - \overline{p}_{ic} | \leq \zeta \sqrt{s^2_{ic}} \qquad \text{(III.6)}$$

O lado esquerdo da inequação representa o erro cometido na estimação da porcentagem, por se usar uma amostra. Por outro lado, o decisor está interessado em obter uma amostra que não torne este erro maior que um valor especificado, digamos e. Ou seja:

$$| P^*_{ic} - \overline{p}_{ic} | \leq e \qquad \text{(III.7)}$$

Como o valor de da inequação III.6 é obtido através da tabela normal, o tamanho da amostra afetará apenas os valores de s^2_{ic}, sendo que quanto maior a amostra, menor será s^2_{ic}. Procurando um tamanho de amostra que torne

$$\zeta \sqrt{s^2_{ic}} \leq e \qquad \text{(III.8)}$$

satisfaz-se também a equação III.7.

Elevando ao quadrado a inequação III.8, e substituindo o valor de s^2_{ic}, vem:

$$\zeta^2 \frac{s^2_{ic}}{n_i} \cdot \frac{N_i - n_i}{N_i} \leq e^2$$

$$\zeta^2 \frac{s^2_{ic}}{n_i} - \zeta^2 \frac{s^2_{ic}}{N_i} \leq e^2$$

ou seja,

$$n_i \geq \frac{N_i \zeta^2 s_{ic}^2}{e^2 N_i + \zeta^2 s_{ic}^2} \qquad \text{(III.9)}$$

A inequação III.9 será transformada numa equação, quando se quiser que, com $(1 - \alpha)\%$ de confiabilidade, este valor de n_i nos estime a porcentagem populacional com o erro estipulado pelo decisor.

3.7 - ESCOLHA DA ESCALA A SER UTILIZADA

Em se utilizando as três culturas de maior importância econômica para a região, para cada escala e cada erro estipulado pelo decisor encontram-se três valores de n_i. Considerando que esses valores são diferentes, denomina-se este número de n_{ic}, onde i = 1, 2, 3 especifica a escala E_i utilizada, e c = 1, 2, 3 as culturas de algodão, milho e soja, respectivamente.

Tem-se então, para cada escala E_i, e para um erro particular estipulado pelo decisor, três valores de n_{ic}, um para cada cultura. Tomando o maior deles para cada uma das escalas, o qual se chamará n_i^*, satisfaz-se a inequação III.7 para cada uma dessas três culturas.

Através das funções de custos, dadas pelas Figuras III.1, III.2 e III.3, pode-se determinar o custo total amostral de cada um dos três valores n_i^*. Diz-se então que a melhor escala para este erro estipulado será aquela cujo custo total amostral é menor. Pode-se determinar, portanto, a melhor escala para um erro estipulado pelo decisor. Entretanto, o decisor não poderá estipular tal erro sem antes conhecer o custo amostral.

Por este motivo fixou-se o erro num valor pequeno, 5%, e se determinaram os nove valores de n_{ic} através da fórmula III.9, sendo que o grau de confiabilidade foi fixado em 95% e as variâncias utilizadas são as contidas nas Tabelas III.2, III.3 e III.4. Tomando o maior

n_{ic} para cada escala E_i, os quais foram denominados de n_1^*, n_2^* e n_3^*, e através das funções de custos verificou-se qual das escalas é a menos onerosa. A seguir este erro foi variado de 0,5% em 0,5% e, para cada valor, pelo mesmo processo descrito, foi determinada a escala menos onerosa, a qual se diz ser a melhor escala. Prosseguiu-se desta maneira até que um erro de 30% foi atingido, o qual se julga ser um erro bastante grande.

As Tabelas B.3, B.4 e B.5 relacionando os valores dos erros de amostragem, n_{ic} e n_i^*, estão no Apêndice B.

Para uma melhor visualização e resumo do processo descrito acima, o quadro a seguir mostra o relacionamento entre os erros de amostragem, n_i^* e os respectivos custos. Os erros estão divididos em classes e, para cada uma delas está determinada a melhor escala.

	$118 \geq n_1^* \geq 107$	Cr\$99.900,00 $\geq C_1 \geq$ Cr\$92.000,00
$5\% \leq e \leq 10\%$	$34 \geq n_2^* \geq 33$	Cr\$42.800,00 $\geq C_2 \geq$ Cr\$41.900,00
	$17 \geq n_3^* \geq 16$	Cr\$31.900,00 $\geq C_3 \geq$ Cr\$30.500,00

Portanto para $5\% \leq e \leq 10\%$ a melhor escala é E_3.

	$107 > n_1^* \geq 79$	Cr\$92.000,00 $> C_1 \geq$ Cr\$71.800,00
$10\% < e \leq 20\%$	$33 > n_2^* \geq 27$	Cr\$41.900,00 $> C_2 \geq$ Cr\$36.800,00
	$16 > n_3^* \geq 14$	Cr\$30.500,00 $> C_3 \geq$ Cr\$28.400,00

Portanto para $10\% < e \leq 20\%$ a melhor escala é E_3.

	$79 > n_1^* \geq 55$	Cr\$71.800,00 $> C_1 \geq$ Cr\$54.600,00
$20\% < e \leq 30\%$	$27 > n_2^* \geq 21$	Cr\$36.800,00 $> C_2 \geq$ Cr\$31.500,00
	$14 > n_3^* \geq 11$	Cr\$28.400,00 $> C_3 \geq$ Cr\$25.300,00

Portanto para $20\% < e \leq 30\%$ a melhor escala é E_3.

Vê-se então que qualquer que seja o erro especificado pelo decisor a escala menos onerosa é a 1:30.000.

CAPÍTULO IV

AMOSTRAGEM PARA A REGIÃO DE JARDINÓPOLIS

4.1 - CONFIRMAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA AMOSTRA

Desde que, para qualquer erro estipulado pelo decisor, a melhor escala é sempre 1:30.000, será tomada agora uma amostra das fotografias de 1975, e verificada sua eficiência.

Para isso é necessário que se especifique antes o erro de amostragem. De acordo com alguns dos pesquisadores do DSR, em se tratando de municípios, um erro de 20% seria aceitável. Este erro, portanto será adotado para a determinação do tamanho da amostra, na escala de 1:30.000.

Serão utilizadas ainda as três culturas de maior importância econômica para a região, e tomar-se-á o maior n_c (7) determinado por elas. Através da Tabela B.5 vê-se que para um erro de amostragem de 20% este número será 14 fotografias.

Antes, porém, de se verificar a eficiência dessa amostra, é preciso observar que a diferença entre os custos dessa amostra e do levantamento populacional, se as 17 fotografias fossem utilizadas, é irrisório (cerca de Cr$3.500,00). Por este motivo, caso seja de interesse uma amostragem apenas para o município de Jardinópolis, acredita-se ser mais conveniente um levantamento total do município pois, com um pouco mais de recursos financeiros obter-se-ão informações mais precisas. Entretanto, caso se faça o levantamento de regiões mais extensas, a diferença entre os custos poderá não ser tão pequena, compensando assim trabalhar com amostra.

---

(7) *O índice i será neste capítulo desprezado, desde que a escala já foi definida como sendo a de 1:30.000.*

Na tomada de uma amostra de 14 fotografias, ficou-se em dúvida se as fotografias seriam escolhidas, ou seja, se seriam tomadas aquelas que contivessem a maior quantidade de área de Jardinópolis, ou se seriam tomadas as 14 fotografias aleatoriamente. Embora no primeiro caso possa ocorrer uma tendência, acredita-se que a amostra daria uma melhor estimativa da porcentagem populacional.

Decidiu-se então, realizar os dois eventos, separadamente, e verificar como se comportavam os erros.

Além disso, tendo sido o erro de amostragem definido pela Fórmula III.7 por $|P_c^* - \bar{p}_c|$, c = 1, 2, 3, não se pode determinar este erro, pois o valor de P_c^* nos é desconhecido e impossível de ser obtido. Por este motivo, os erros de amostragem foram calculados em relação aos valores $\hat{P}_c$, contidos na Tabela III.5, pois acredita-se ser esta a estimativa que mais se aproxime da porcentagem populacional. Deste modo, os erros de amostragem, em porcentagens, foram calculados pela fórmula:

$$e_c = \frac{|\hat{P}_c - \bar{p}_c|}{\hat{P}_c} \cdot 100 \qquad c = 1, 2, 3 \qquad \text{(IV.1)}$$

Sendo $\hat{p}_c$ uma outra estimativa da porcentagem populacional P_c^* acredita-se ser interessante verificar qual seria o erro de amostragem caso a porcentagem populacional fosse estimada através de $\hat{p}_c$. Assim, foram calculados os erros porcentuais de amostragem em relação a $\hat{P}_c$ através da fórmula:

$$e'_c = \frac{|\hat{P}_c - \hat{p}_c|}{\hat{P}_c} \cdot 100 \qquad c = 1, 2, 3 \qquad \text{(IV.2)}$$

Para o primeiro tipo de amostragem, na qual as fotografias são escolhidas de modo a conter uma área maior do município, esses dois erros foram calculados e estão contidos na Tabela IV.1.

TABELA IV.1

RESULTADOS DA AMOSTRAGEM COM FOTOGRAFIAS SELECIONADAS

CULTURAS	$\bar{p}_c$	$\hat{p}_c$	$\hat{P}_c$	e_c	e'_c
Algodão	7,70	8,16	8,08	4,70	0,99
Milho	16,64	15,66	15,70	5,99	0,25
Soja	12,76	12,64	12,42	2,73	1,77

Fazendo comparação entre esses valores verificou-se que, quando a porcentagem populacional é estimada através de $\bar{p}_c$, o erro de amostragem é geralmente maior que aquele calculado com base no $\hat{p}_c$. Pode-se justificar isso, lembrando que, se os erros de amostragem fossem obtidos usando-se o verdadeiro valor populacional P^*_c, o erro provocado por $\hat{p}_c$ seria menor do que o provocado por $\bar{p}_c$, pois sendo $\bar{p}_c$ uma média de porcentagens, onde algumas delas são obtidas de fotografias com pequena quantidade do município, e portanto "falsas" porcentagens, ela poderá também não dar uma boa informação a respeito da porcentagem populacional. Se isso ocorre quando os erros de amostragem são calculados com P^*_c, provavelmente também ocorrerá quando for utilizada qualquer outra boa estimativa dessa porcentagem populacional, no caso $\hat{P}_c$.

Fazendo agora uma amostragem aleatória, ou seja, retirando 14 fotografias ao acaso e calculando os erros de amostragem através das Fórmulas IV.1 e IV.2, foram obtidos os resultados que se encontram na Tabela IV.2.

Da mesma forma os erros de amostragem calculados pelas Fórmulas IV.1 e IV.2 são diferentes, e o motivo é o mesmo especificado anteriormente.

TABELA IV.2

RESULTADOS DA AMOSTRAGEM ALEATÓRIA

CULTURAS	$\bar{p}_c$	$\hat{p}_c$	$\hat{P}_c$	e_c	e'_c
Algodão	7,78	8,60	8,08	3,71	6,44
Milho	16,94	15,80	15,70	7,90	0,63
Soja	10,87	13,33	12,42	12,48	7,32

Da comparação entre os erros de amostragem estimados através de $\bar{p}_c$, nos dois tipos de amostragem, verificou-se que a amostragem aleatória apresenta, geralmente, erros maiores que os do outro tipo. A explicação para esse acontecimento reside no fato de que a probabilidade de não se incluir na amostra uma fotografia que possibilite uma boa estimativa, é maior para a amostragem aleatória simples que para o outro tipo de amostragem, pois nesse tipo as fotografias são selecionadas de modo a conter uma área maior do município.

Da mesma forma, e pelo mesmos motivos, os erros de amostragem obtidos quando se usa $\hat{p}_c$ são provavelmente maiores na amostragem aleatória simples do que na amostragem quando se selecionam as fotografias.

Vê-se também que os erros de amostragem são menores que 20%, como havia sido previsto, com uma probabilidade de 95%.

4.2 - DETERMINAÇÃO DA VARIÂNCIA PARA O DIMENSIONAMENTO DAS AMOSTRAGENS SUBSEQUENTES

Na determinação do número de fotografias que compõem a amostra é necessário que se conheçam as porcentagens e as variâncias

populacionais. Neste trabalho utilizaram-se apenas os dados de 1975 da região de Jardinópolis, no computo desses valores.

Entretanto, as metodologias empregadas na determinação do número de fotografias a utilizar no levantamento amostral, da escala na qual elas deverão ser tiradas, e da melhor técnica de medição continuam válidas, devendo sofrer apenas algumas variações.

O conhecimento da variância populacional das três principais culturas de um ano subsequente é necessário para a determinação do tamanho da amostra que será utilizado nesse ano. Este dado é impossível de obter visto desde que, para esse ano, não se tem informações da dita variância.

Uma alternativa seria a retirada de uma amostra piloto da região para se estimarem as variâncias populacionais e, com elas determinar o número de fotografias que comporiam a amostra. Entretanto, esta alternativa torna-se muito onerosa. Então, o melhor seria utilizar a amostra do ano anterior, e com ela estimar a variância das três culturas principais.

Assim, o tamanho da amostra de um ano seria sempre calculado com as estimativas das variâncias amostrais do ano anterior, tomando o cuidado de utilizar sempre as tres culturas de maior importância econômica.

4.3 - CONSIDERAÇÕES SOBRE AS AMOSTRAGENS PARA OS ANOS SUBSEQUENTES

No Capítulo III concluiu-se que, qualquer que seja o erro especificado pelo decisor, a escala menos onerosa é a 1:30.000. Assim, teria sido interessante que em 1976 tivesse sido feito um levantamento na escala 1:30.000. Entretanto, nesse ano houve um levantamento amostral aerofotográfico no qual foram tiradas somente 63 fotografias na escala 1:10.000. Através dessas fotografias pode-se estimar as variâncias e as porcentagens médias com um erro de 26%, valor este verificado na

Tabela B.3, Apêndice B. Conhecendo as variâncias é possível determinar qual deverá ser o número de fotografias que comporiam a amostra relativa ao ano de 1978[8]. Entretanto, essa amostra referir-se-á à escala de 1:10.000. Caso se queira tirar outra escala, sugere-se que o número de fotografias que comporá a amostra relativa ao ano de 1978, na outra escala, seja computado de modo a cobrir uma área igual a que cobriria caso as fotografias fossem tiradas na escala 1:10.000.

Um ponto que precisa ser esclarecido diz respeito às estimativas das variâncias das três culturas. No Capítulo III tomou-se como base as variâncias das três culturas de maior importância econômica da região. Agora, no computo do tamanho da amostra para os anos subsequentes também tomar-se-á como base as culturas que ocupam os três primeiros lugares de destaque relativo à importância econômica. Assim, as culturas que foram tidas como as mais relevantes do ano de 1975 poderão não o ser no ano subsequente.

Até aqui não se fêz referência às outras variações possíveis de ocorrer. Sabe-se que, de um ano para outro, o decisor poderá encontrar-se face a mudanças nos custos, na sua restrição de custos e no erro de amostragem. Essas considerações serão feitas a seguir.

Pela verificação das funções de custos III.1, III.2 e III.3, vê-se que as diferenças de custos entre as escalas é grande e por isso acredita-se que a escala menos onerosa continuará sendo a de 1:30.000, ou seja, acredita-se que de um ano para outro, as variações não sejam tão grandes de modo a ser alterada a escala escolhida.

---

(8) *Na realidade o dimensionamento da amostra para 1978 deveria ser baseado nas variâncias de 1977. Entretanto, nesse ano, não houve levantamento aerofotográfico da região de Jardinópolis, motivo pelo qual sugere-se que, caso se queira amostrar em 1978, sejam utilizadas as variâncias de 1976.*

Sugere-se também que, para o ano de 1978, seja feito um recobrimento total da região. Esta sugestão se baseia no fato de que para se fazer um levantamento amostral será necessário utilizar as variâncias estimadas em 1976, e como esses valores foram obtidos de uma amostra pequena, as estimativas das variâncias poderão estar com um erro considerável, levando a conclusões pouco confiáveis para uma economia de recursos relativamente baixa.

Com as fotografias de toda a região será possível determinar as variâncias das três principais culturas deste ano. Como o decisor necessita conhecer os custos para poder estipular o erro de amostragem, será preciso construir uma tabela semelhante à Tabela B.5 e, através de uma nova função de custos, determinar os custos relativos aos tamanhos de amostras contidos na tabela, obtendo consequentemente uma relação entre os erros e os custos. Com esta relação ele poderá estipular o erro e conhecer o tamanho da amostra para o ano seguinte.

Em todos os anos subsequentes o tamanho de amostra será baseado nas variâncias estimadas do ano anterior.

4.4 - AMOSTRAGEM PARA OS ANOS SUBSEQUENTES EM CONDIÇÕES ADVERSAS

Supôs-se no ítem anterior que de um ano para outro as mudanças nos custos, na restrição de custos, no erro de amostragem requerido pelo decisor, e nas variâncias das três culturas principais, não alterariam a escala escolhida. Entretanto, caso essas mudanças sejam radicais, será necessário um novo estudo sobre qual a escala a ser empregada no levantamento aerofotográfico do ano subsequente.

Para tal estudo seria necessário um levantamento aerofotográfico total em cada uma dessas escalas e aplicar a metodologia estruturada no Capítulo III. Entretanto, como essa alternativa é muito onerosa, pensou-se em uma outra que conduzisse a uma resposta a respeito da escala, e que consumisse relativamente poucos recursos financeiros.

Sugere-se que seja feito um levantamento aerofotográfico na escala 1:30.000 e com essas fotografias, a construção de um mapa da região. Ampliando esse mapa será possível a obtenção de fotos nas outras duas escalas. Com esses conjuntos de fotografias para cada escala será possível aplicar a metodologia do Capítulo III. Poderá ocorrer, entretanto, que não exista apenas uma melhor escala para qualquer valor de erro estipulado pelo decisor, como aconteceu com os dados de 1975, podendo existir uma escala melhor para um intervalo de valores do erro. Se isso acontecer será possível a construção de uma tabela do tipo indicada abaixo:

$a < e < b \qquad C_a < C_1 < C_b \qquad$ e E_1 é a melhor

$c < e < d \qquad C_c < C_2 < C_d \qquad$ e E_2 é a melhor

$f < e < g \qquad C_f < C_3 < C_g \qquad$ e E_3 é a melhor

Os limites superior e inferior dos intervalos consecutivos dessa tabela não necessariamente precisam ser iguais, podendo ocorrer uma indiferença, por parte do decisor, na escolha da melhor escala. A última coluna da tabela nos indica a escala escolhida como sendo a melhor, quando o erro pertence aos respectivos intervalos. A coluna central dá o custo provocado por essas escalas.

Com essa tabela o decisor terá condições de escolher qual das três escalas é a melhor. Se existir uma restrição orçamentária, o decisor escolherá o intervalo que satisfaça essa restrição, e ao mesmo tempo terá informação sobre a faixa de erro a que ficará vulnerável. Se, por outro lado, para o decisor o importante é o erro de amostragem, ele poderá escolher a faixa de erro que englobe o valor por ele especificado e, da mesma forma, obterá informação sobre o custo de amostragem, quando utilizar essa escala.

CAPÍTULO V

AMOSTRAGEM PARA OUTRAS REGIÕES

5.1 - UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA EM OUTRAS REGIÕES

Toda região tem particularidades inerentes a ela, e são essas características, que compõem o meio-ambiente, que servirão de referencial na elaboração de uma metodologia que verificará a viabilidade, ou não, da utilização da Teoria de Amostragem na estimativa das áreas cultivadas. Neste trabalho a metodologia elaborada considera as características do Município de Jardinópolis.

Pensando somente no caso do Brasil, haveria uma infinidade de regiões, cada qual com características próprias de solo, relevo, clima etc. Conclui-se que um estudo feito para uma só região não poderá ser generalizado para todas as outras, e consequentemente, não servirá de orientação para outro decisor que procure uma resposta relativa à viabilidade da utilização da amostragem para outra região que não Jardinópolis.

Entretanto, existem muitas regiões que possuem algumas características em comum. Para essas regiões, a metodologia elaborada poderá, com algumas modificações, conduzir a respostas válidas, enquanto que para outras será necessário uma reformulação dessa metodologia.

5.2 - MELHOR TÉCNICA A SER EMPREGADA

Nem todas as conclusões, com relação à melhor técnica, obtidas para a região de Jardinópolis serão válidas para as outras regiões.

No Capítulo II foi elaborada uma metodologia, de modo a orientar o decisor na escolha da técnica que melhor satisfaça seus objetivos, para cada uma das escalas. A metodologia proposta toma como

referencial "fotos" que são semelhantes às fotografias de outros municípios. Isto é justificado pelo fato das culturas terem quase sempre formas geométricas, e também pela tradição de cultivo dos fazendeiros, tendo em vista que as plantações são sujeitas a doenças, fazendo com que não sejam cultivadas grandes quantidades de uma certa cultura em particular.

Baseando-se nas suposições acima, os erros e tempos médios das técnicas de medição das áreas, calculados no Capítulo II, continuarão sendo válidos para as regiões cujo padrão de plantio assemelha-se à região de Jardinópolis.

Entretanto, para regiões que apresentam características muito diferentes de Jardinópolis, as "fotos" construídas para a aplicação da metodologia do Capítulo II, possivelmente não servirão de referencial. Será necessário um levantamento aerofotográfico da área, e daí a construção das "fotos". Como o estudo da técnica para cada uma das escalas é feito com base nas "fotos" construídas de modo semelhante às fotografias da região, seria necessário que se fizessem três levantamentos aerofotográficos, um em cada escala. Esta alternativa é muito onerosa, portanto, sugere-se, de novo, que seja feito um só levantamento na escala 1:30.000. Essas fotografias poderão ser ampliadas para as escalas de 1:10.000 e 1:20.000, e a partir delas construir as "fotos" que serão utilizadas no estudo para a escolha da técnica.

A construção das "fotos" só serão necessárias para o primeiro levantamento da região. Nos demais anos o decisor poderá escolher a técnica que melhor satisfaça seus objetivos baseada nos erros médios e tempos médios estabelecidos.

5.3 - ESCALA A SER UTILIZADA E DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA

A dificuldade em se aplicar a outras regiões a metodologia do Capítulo III, está na ausência de informações sobre a variância populacional das porcentagens das culturas dessas regiões.

Assim, seria necessário que se fizesse um levantamento de toda a região em cada uma das escalas. Este seria o processo mais caro, e por esse motivo não foi considerado aqui.

Também para este estudo o mais viável é a tomada das fotografias na escala de 1:30.000 e daí aplicar-se a metodologia estruturada no ítem 4.4.

Deste modo, o decisor terá meios para determinar qual a escala que será utilizada no levantamento amostral do ano subsequente.

O levantamento populacional deverá ser feito apenas para o primeiro ano. Nos outros anos o decisor determinará o dimensionamento do levantamento amostral, através das variâncias calculadas a partir dos dados amostrais do ano anterior.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÕES

Este trabalho visou a elaboração de uma metodologia para a estimação de áreas cultivadas por amostragem de fotografias aéreas, de modo a se utilizar com maior eficiência os recursos disponíveis no Departamento de Sensoriamento Remoto, a tecnologia desenvolvida e o avião disponível.

A quase total inexistência de literatura concernente ao problema, abordado sob este aspecto, foi o desafio principal para a consecução deste trabalho.

Muitas restrições surgiram, em particular quanto aos dados disponíveis que se resumiam somente àqueles coletados em 1975 do município de Jardinópolis.

Os primeiros problemas que surgiram a seguir foram: como abordar convenientemente o problema?; o que deveria ser feito? Tentou-se aplicar diversas técnicas estatísticas aparentemente viáveis, mas que com o decorrer de estudos mais aprofundados foram desprezadas por que não se adaptaram às restrições impostas pelo problema.

Verificou-se, posteriormente, que a maneira de abordar o problema por meio de uma amostragem seria possível caso fosse tomado como elemento populacional a fotografia individual. A partir daí, foi elaborada toda uma metodologia e uma resposta para o nosso problema foi encontrada.

Os principais resultados obtidos deste trabalho foram:

- A diferença de custo para a região de Jardinópolis com o emprego da amostragem ou com o recobrimento de toda a região foi irrisório mas, para outras regiões de maior área, poderá significar uma grande redução de custos.

- É possível o uso de amostragem para a estimação das áreas cultivadas, dentro de certas condições como por exemplo o erro requerido.

- Os resultados obtidos para a determinação da "melhor" técnica de medição de áreas são válidas desde que o padrão de plantio da região em foco seja semelhante à região de Jardinópolis. Entretanto, a metodologia para a obtenção desses resultados é geral, isto é, independente do padrão de plantio.

- Caberá ao decisor, baseado nas suas restrições e valores, escolher a técnica de medição de áreas que melhor satisfaça seus objetivos.

- A escala a ser utilizada no levantamento amostral de Jardinópolis no ano de 1978 é a 1:30.000. Entretanto, caso se esteja interessado em levantamentos de outras regiões, este resultado poderá não ser o mesmo, embora a metodologia elaborada continue sendo válida.

- A metodologia elaborada de modo a verificar a viabilidade do uso de amostragem poderá ser empregada para a região de Jardinópolis nos anos subsequentes e, para outras regiões, que possuam características semelhantes.

AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos:

- Ao Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE);
- Ao Dr. Fernando de Mendonça pela oportunidade de realização deste trabalho;
- Aos Profs. José Alberto Costacurta de Azevedo e René Antonio Novaes nossos orientadores, pelo estímulo e dedicação, assim como a forma de encaminhar este trabalho;
- Ao Eng. Agron. Getúlio Teixeira Batista pelo apoio e sugestões dadas;
- Ao Dr. Marcos José de Aquino Pinto Pacca pelo incentivo e apoio;
- Aos Profs. Antonio Tebaldi Tardin, Marcio Nogueira Barbosa, Mauro Guimarães, Mohamad Ali El Nowehi, Sherry Chou Chen, Sigfrido Carlos Mazza pela colaboração;
- Ao Eng. Horácio Hideki Yanasse pela colaboração, estímulo e apoio.

A todos os que contribuiram direta ou indiretamente para a consecução deste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

ACKOFF, R.L.; SASIENI, M.W. *Fundamentals of Operations Research.* New York, John Wiley & Sons, 1968.

ACKOFF, R.L. *The design of social research.* Chicago & London, The University of Chicago Press, 1953.

——— *Scientific method: optimizing applied research decisions.* New York, John Wiley & Sons, 1968.

BATISTA, G.T.; NOVAES, R.A.; TARDIN, A.T.; MENDONÇA, F.J.; LEE, D.C.L.; SANTOS, J.R.; CHEN, S.C. *Atividades do Projeto Estatísticas Agrícolas durante o ano de 1975.* Fev., 1976. (INPE-830-PPr/012).

CASTRUCCIO, P.A.; LOATS Jr., H.L. *The practical utilization of remote sensing technology for the management and conservation of natural resources.* New York, United Nations Outer Space Affairs Division, March-1974.

COCHRAN, W.G. *Sampling Techniques.* New York, John Wiley & Sons, 1963.

HANSEN, M.H,; HURWITZ, W.N. Relative efficiencies of various sampling units in population inquires. *Journal of the American Statistical Association*, 37: 89-94, 1942.

HANSEN, M.H.; HURWITZ, W.N.; MADOW, W.G. *Sample survey methods and theory.* New York, 1, John Wiley & Sons, 1953.

HANSEN, M.H.; HURWITZ, W.N.; MARKS, E.S.; MAULDEN, W.R. Response-error survey. *Journal of the American Statistical Association*, 46: 147-190, June, 1951.

HAY, C.M. Agricultural inventory techniques with orbital and hight - altitude imagery. *Photogrammetric Engineering*, May, 1974. p. 1283-1293.

HAYS, W.L.; WINKLER, R.L. *Statistics.* 1, Holt, Rinehart and Winston, 1970.

LEME, R.A.S. *Curso de Estatística*. São Paulo, Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, 1958.

PROGNÓSTICO 75/76 *Resultado Econômico e Custo Operacional*. São Paulo, Instituto de Economia Agrícola, agosto-75. seção 3, p. 17.

SCHATTAN, S. Uso de fotografias aéreas como sistema de referência na amostragem para a previsão de safras (pesquisa piloto do município do Tiête). *Agricultura em São Paulo*, XV: 51-61, julho/agosto, 1968.

SUKTHATME, P.V.; SUKTHATME, B.V. *Sampling theory of surveys with applications*. Iowa, Iowa State University Press, 1970.

APÊNDICE A

TABELAS DEMONSTRATIVAS DOS DADOS OBTIDOS DAS FOTOS

TABELA A.1

TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS
DAS FOTOS NA ESCALA 1:10.000

Técnica Utilizada: Balança de Precisão

ERRO POR FOTO	ERRO MÉDIO	$\Delta\bar{e} = \lvert\bar{e}_i - e_{i+1}\rvert$	TEMPO POR FOTO	TEMPO MÉDIO	$\Delta\bar{t} = \lvert\bar{t}_i - t_{i+1}\rvert$
$e_1 = 12.96$			$t_1 = 2676.6$		
$e_2 = 3.79$	$\bar{e}_2 = 8.38$	$\Delta\bar{e}_2 = 1.08$	$t_2 = 875.5$	$\bar{t}_2 = 1776.05$	$\Delta\bar{t}_2 = 135.88$
$e_3 = 5.14$	$\bar{e}_3 = 7.30$	$\Delta\bar{e}_3 = 0.39$	$t_3 = 1368.4$	$\bar{t}_3 = 1640.17$	$\Delta\bar{t}_3 = 91.77$
$e_4 = 8.87$	$\bar{e}_4 = 7.69$	$\Delta\bar{e}_4 = 0.52$	$t_4 = 1273.1$	$\bar{t}_4 = 1548.40$	$\Delta\bar{t}_4 = 182.24$
$e_5 = 5.08$	$\bar{e}_5 = 7.17$	$\Delta\bar{e}_5 = 0.85$	$t_5 = 637.2$	$\bar{t}_5 = 1366.16$	$\Delta\bar{t}_5 = 76.94$
$e_6 = 2.05$	$\bar{e}_6 = 6.32$	$\Delta\bar{e}_6 = 0.50$	$t_6 = 904.5$	$\bar{t}_6 = 1289.22$	$\Delta\bar{t}_6 = 46.48$
$e_7 = 9.87$	$\bar{e}_7 = 6.82$	$\Delta\bar{e}_7 = 0.37$	$t_7 = 1614.6$	$\bar{t}_7 = 1335.70$	$\Delta\bar{t}_7 = 84.80$
$e_8 = 3.82$	$\bar{e}_8 = 6.45$	$\Delta\bar{e}_8 = 0.07$	$t_8 = 657.3$	$\bar{t}_8 = 1250.90$	$\Delta\bar{t}_8 = 53.37$
$e_9 = 7.10$	$\bar{e}_9 = 6.52$	$\Delta\bar{e}_9 = 0.22$	$t_9 = 1731.2$	$\bar{t}_9 = 1304.27$	$\Delta\bar{t}_9 = 47.31$
$e_{10} = 4.35$	$\bar{e}_{10} = 6.30$	$\Delta\bar{e}_{10} = 0.47$	$t_{10} = 831.2$	$\bar{t}_{10} = 1256.96$	$\Delta\bar{t}_{10} = 54.11$
$e_{11} = 1.08$	$\bar{e}_{11} = 5.83$		$t_{11} = 661.8$	$\bar{t}_{11} = 1202.85$	

TABELA A.2

TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS
DAS FOTOS NA ESCALA 1:10.000

Técnica Utilizada: Planímetro

ERRO POR FOTO	ERRO MÉDIO	$\Delta\bar{e} = \lvert\bar{e}_i - e_{i+1}\rvert$	TEMPO POR FOTO	TEMPO MÉDIO	$\Delta\bar{t} = \lvert\bar{t}_i - t_{i+1}\rvert$
$e_1 = 12.80$			$t_1 = 1719.4$		
$e_2 = 5.51$	$\bar{e}_2 = 0.16$	$\Delta\bar{e}_2 = 0.31$	$t_2 = 578.3$	$\bar{t}_2 = 1148.85$	$\Delta\bar{t}_2 = 59.95$
$e_3 = 8.24$	$\bar{e}_3 = 8.85$	$\Delta\bar{e}_3 = 0.29$	$t_3 = 969.0$	$\bar{t}_3 = 1088.90$	$\Delta\bar{t}_3 = 61.25$
$e_4 = 10.01$	$\bar{e}_4 = 9.14$	$\Delta\bar{e}_4 = 0.62$	$t_4 = 843.9$	$\bar{t}_4 = 1027.65$	$\Delta\bar{t}_4 = 114.21$
$e_5 = 6.05$	$\bar{e}_5 = 8.52$	$\Delta\bar{e}_5 = 0.59$	$t_5 = 456.6$	$\bar{t}_5 = 913.44$	$\Delta\bar{t}_5 = 63.11$
$e_6 = 4.98$	$\bar{e}_6 = 7.93$	$\Delta\bar{e}_6 = 0.10$	$t_6 = 534.8$	$\bar{t}_6 = 850.33$	$\Delta\bar{t}_6 = 30.84$
$e_7 = 8.63$	$\bar{e}_7 = 8.03$		$t_7 = 1066.2$	$\bar{t}_7 = 881.17$	$\Delta\bar{t}_7 = 52.16$
			$t_8 = 463.9$	$\bar{t}_8 = 829.01$	$\Delta\bar{t}_8 = 30.67$
			$t_9 = 1105.0$	$\bar{t}_9 = 859.68$	$\Delta\bar{t}_9 = 26.63$
			$t_{10} = 593.4$	$\bar{t}_{10} = 833.05$	

TABELA A.3

TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS
DAS FOTOS NA ESCALA 1:10.000

Técnica Utilizada: Rede de 0.5 em 0.5 cm

ERRO POR FOTO	ERRO MÉDIO	$\Delta\bar{e} = \lvert\bar{e}_i - e_{i+1}\rvert$	TEMPO POR FOTO	TEMPO MÉDIO	$\Delta\bar{t} = \lvert\bar{t}_i - t_{i+1}\rvert$
$e_1 = 18.85$			$t_1 = 1406.8$		
$e_2 = 5.69$	$\bar{e}_2 = 12.27$	$\Delta\bar{e}_2 = 0.03$	$t_2 = 1384.6$	$\bar{t}_2 = 1395.7$	$\Delta\bar{t}_2 = 29.77$
$e_3 = 12.36$	$\bar{e}_3 = 12.30$	$\Delta\bar{e}_3 = 0.55$	$t_3 = 1485.0$	$\bar{t}_3 = 1425.47$	$\Delta\bar{t}_3 = 35.24$
$e_4 = 10.11$	$\bar{e}_4 = 11.75$	$\Delta\bar{e}_4 = 1.01$	$t_4 = 1284.5$	$\bar{t}_4 = 1390.23$	$\Delta\bar{t}_4 = 164.37$
$e_5 = 6.71$	$\bar{e}_5 = 10.74$	$\Delta\bar{e}_5 = 1.14$	$t_5 = 568.4$	$\bar{t}_5 = 1225.86$	$\Delta\bar{t}_5 = 7.62$
$e_6 = 3.89$	$\bar{e}_6 = 9.60$	$\Delta\bar{e}_6 = 0.73$	$t_6 = 1271.6$	$\bar{t}_6 = 1233.48$	$\Delta\bar{t}_6 = 0.27$
$e_7 = 14.72$	$\bar{e}_7 = 10.33$	$\Delta\bar{e}_7 = 0.57$	$t_7 = 1231.6$	$\bar{t}_7 = 1233.21$	$\Delta\bar{t}_7 = 9.54$
$e_8 = 5.74$	$\bar{e}_8 = 9.76$	$\Delta\bar{e}_8 = 0.22$	$t_8 = 1309.6$	$\bar{t}_8 = 1242.75$	$\Delta\bar{t}_8 = 4.57$
$e_9 = 7.82$	$\bar{e}_9 = 9.54$	$\Delta\bar{e}_9 = 0.01$	$t_9 = 1283.8$	$\bar{t}_9 = 1247.32$	$\Delta\bar{t}_9 = 1.70$
$e_{10} = 9.43$	$\bar{e}_{10} = 9.53$	$\Delta\bar{e}_{10} = 0.64$	$t_{10} = 1230.3$	$\bar{t}_{10} = 1245.62$	
$e_{11} = 2.42$	$\bar{e}_{11} = 8.89$				

TABELA A.4

TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS
DAS FOTOS NA ESCALA 1:10.000

Técnica Utilizada: Rede de 1 em 1 cm

ERRO POR FOTO	ERRO MÉDIO	$\Delta\bar{e} = \lvert\bar{e}_i - e_{i+1}\rvert$	TEMPO POR FOTO	TEMPO MÉDIO	$\Delta\bar{t} = \lvert\bar{t}_i - t_{i+1}\rvert$
$e_1 = 38.97$			$t_1 = 739.6$		
$e_2 = 14.37$	$\bar{e}_2 = 26.67$	$\Delta\bar{e}_2 = 1.41$	$t_2 = 635.1$	$\bar{t}_2 = 687.35$	$\Delta\bar{t}_2 = 17.78$
$e_3 = 22.43$	$\bar{e}_3 = 25.26$	$\Delta\bar{e}_3 = 2.08$	$t_3 = 634.0$	$\bar{t}_3 = 669.57$	$\Delta\bar{t}_3 = 29.46$
$e_4 = 16.94$	$\bar{e}_4 = 23.18$	$\Delta\bar{e}_4 = 2.48$	$t_4 = 787.4$	$\bar{t}_4 = 699.03$	$\Delta\bar{t}_4 = 64.09$
$e_5 = 10.77$	$\bar{e}_5 = 20.70$	$\Delta\bar{e}_5 = 1.93$	$t_5 = 378.6$	$\bar{t}_5 = 634.94$	$\Delta\bar{t}_5 = 3.31$
$e_6 = 9.12$	$\bar{e}_6 = 18.77$	$\Delta\bar{e}_6 = 0.45$	$t_6 = 654.8$	$\bar{t}_6 = 638.25$	$\Delta\bar{t}_6 = 11.58$
$e_7 = 21.93$	$\bar{e}_7 = 19.22$	$\Delta\bar{e}_7 = 1.23$	$t_7 = 557.2$	$\bar{t}_7 = 626.67$	$\Delta\bar{t}_7 = 5.24$
$e_8 = 9.37$	$\bar{e}_8 = 17.99$	$\Delta\bar{e}_8 = 0.72$	$t_8 = 588.8$	$\bar{t}_8 = 621.94$	$\Delta\bar{t}_8 = 0.51$
$e_9 = 24.53$	$\bar{e}_9 = 18.71$	$\Delta\bar{e}_9 = 0.56$	$t_9 = 617.4$	$\bar{t}_9 = 621.43$	$\Delta\bar{t}_9 = 0.11$
$e_{10} = 24.26$	$\bar{e}_{10} = 19.27$	$\Delta\bar{e}_{10} = 1.23$	$t_{10} = 622.5$	$\bar{t}_{10} = 621.54$	
$e_{11} = 5.71$	$\bar{e}_{11} = 18.04$				

TABELA A.5

TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS
DAS FOTOS NA ESCALA 1:10.000

Técnica Utilizada: Rede de 2 em 2 cm

ERRO POR FOTO	ERRO MÉDIO	$\Delta\bar{e} = \lvert\bar{e}_i - e_{i+1}\rvert$	TEMPO POR FOTO	TEMPO MÉDIO	$\Delta\bar{t} = \lvert\bar{t}_i - t_{i+1}\rvert$
$e_1 = 142.14$			$t_1 = 478$		
$e_2 = 46.85$	$\bar{e}_2 = 94.50$	$\Delta\bar{e}_2 = 7.38$	$t_2 = 449.3$	$\bar{t}_2 = 423.65$	$\Delta\bar{t}_2 = 17.48$
$e_3 = 72.36$	$\bar{e}_3 = 87.12$	$\Delta\bar{e}_3 = 5.50$	$t_3 = 411.2$	$\bar{t}_3 = 446.17$	$\Delta\bar{t}_3 = 20.56$
$e_4 = 65.14$	$\bar{e}_4 = 81.62$	$\Delta\bar{e}_4 = 11.81$	$t_4 = 528.4$	$\bar{t}_4 = 466.73$	$\Delta\bar{t}_4 = 46.55$
$e_5 = 22.57$	$\bar{e}_5 = 69.81$	$\Delta\bar{e}_5 = 7.01$	$t_5 = 234.0$	$\bar{t}_5 = 420.18$	$\Delta\bar{t}_5 = 5.96$
$e_6 = 27.72$	$\bar{e}_6 = 62.80$	$\Delta\bar{e}_6 = 0.02$	$t_6 = 384.4$	$\bar{t}_6 = 414.22$	$\Delta\bar{t}_6 = 4.52$
$e_7 = 62.67$	$\bar{e}_7 = 62.78$	$\Delta\bar{e}_7 = 4.62$	$t_7 = 382.6$	$\bar{t}_7 = 409.7$	$\Delta\bar{t}_7 = 1.45$
$e_8 = 25.84$	$\bar{e}_8 = 58.16$	$\Delta\bar{e}_8 = 1.92$	$t_8 = 398.1$	$\bar{t}_8 = 408.25$	$\Delta\bar{t}_8 = 4.96$
$e_9 = 76.00$	$\bar{e}_9 = 60.14$	$\Delta\bar{e}_9 = 0.02$	$t_9 = 363.6$	$\bar{t}_9 = 403.29$	$\Delta\bar{t}_9 = 1.34$
$e_{10} = 59.90$	$\bar{e}_{10} = 60.12$	$\Delta\bar{e}_{10} = 3.96$	$t_{10} = 416.7$	$\bar{t}_{10} = 404.63$	
$e_{11} = 16.57$	$\bar{e}_{11} = 56.16$	$\Delta\bar{e}_{11} = 1.03$			
$e_{12} = 68.49$	$\bar{e}_{12} = 57.19$	$\Delta\bar{e}_{12} = 2.46$			
$e_{13} = 89.15$	$\bar{e}_{13} = 59.65$				

TABELA A.6

TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS
DAS FOTOS NA ESCALA 1:20.000

Técnica Utilizada: Balança de Precisão

ERRO POR FOTO	ERRO MÉDIO	$\Delta\bar{e} = \lvert\bar{e}_i - e_{i+1}\rvert$	TEMPO POR FOTO	TEMPO MÉDIO	$\Delta\bar{t} = \lvert\bar{t}_i - t_{i+1}\rvert$
$e_1 = 12.82$			$t_1 = 3737.0$		
$e_2 = 6.00$	$\bar{e}_2 = 9.41$	$\Delta\bar{e}_2 = 1.73$	$t_2 = 3261.6$	$\bar{t}_2 = 3499.3$	$\Delta\bar{t}_2 = 812.70$
$e_3 = 4.21$	$\bar{e}_3 = 7.68$	$\Delta\bar{e}_3 = 0.57$	$t_3 = 1061.2$	$\bar{t}_3 = 2686.6$	$\Delta\bar{t}_3 = 311.55$
$e_4 = 5.40$	$\bar{e}_4 = 7.11$	$\Delta\bar{e}_4 = 0.20$	$t_4 = 3932.8$	$\bar{t}_4 = 2998.15$	$\Delta\bar{t}_4 = 38.63$
$e_5 = 8.11$	$\bar{e}_5 = 7.31$	$\Delta\bar{e}_5 = 0.35$	$t_5 = 2805.0$	$\bar{t}_5 = 2959.52$	$\Delta\bar{t}_5 = 40.22$
$e_6 = 5.22$	$\bar{e}_6 = 6.96$	$\Delta\bar{e}_6 = 0.15$	$t_6 = 2718.2$	$\bar{t}_6 = 2919.30$	$\Delta\bar{t}_6 = 135.19$
$e_7 = 5.90$	$\bar{e}_7 = 6.81$	$\Delta\bar{e}_7 = 0.35$	$t_7 = 1973.0$	$\bar{t}_7 = 2784.11$	$\Delta\bar{t}_7 = 20.98$
$e_8 = 4.01$	$\bar{e}_8 = 6.46$	$\Delta\bar{e}_8 = 0.43$	$t_8 = 2616.2$	$\bar{t}_8 = 2763.13$	$\Delta\bar{t}_8 = 214.80$
$e_9 = 2.61$	$\bar{e}_9 = 6.03$	$\Delta\bar{e}_9 = 0.34$	$t_9 = 830.0$	$\bar{t}_9 = 2548.33$	
$e_{10} = 2.60$	$\bar{e}_{10} = 5.69$	$\Delta\bar{e}_{10} = 0.12$			
$e_{11} = 7.01$	$\bar{e}_{11} = 5.81$				

TABELA A.7

TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS
DAS FOTOS NA ESCALA 1:20.000

Técnica Utilizada: Planímetro

ERRO POR FOTO	ERRO MÉDIO	$\Delta\bar{e} = \lvert\bar{e}_i - e_{i+1}\rvert$	TEMPO POR FOTO	TEMPO MÉDIO	$\Delta\bar{t} = \lvert\bar{t}_i - t_{i+1}\rvert$
$e_1 = 20.70$			$t_1 = 3410.0$		
$e_2 = 28.06$	$\bar{e}_2 = 24.38$	$\Delta\bar{e}_2 = 5.30$	$t_2 = 2798.9$	$\bar{t}_2 = 3104.45$	$\Delta\bar{t}_2 = 630.02$
$e_3 = 8.47$	$\bar{e}_3 = 19.08$	$\Delta\bar{e}_3 = 2.52$	$t_3 = 1214.4$	$\bar{t}_3 = 2474.43$	$\Delta\bar{t}_3 = 164.52$
$e_4 = 29.17$	$\bar{e}_4 = 21.60$	$\Delta\bar{e}_4 = 1.76$	$t_4 = 3132.5$	$\bar{t}_4 = 2638.95$	$\Delta\bar{t}_4 = 79.71$
$e_5 = 12.80$	$\bar{e}_5 = 19.84$	$\Delta\bar{e}_5 = 1.18$	$t_5 = 2240.4$	$\bar{t}_5 = 2559.24$	$\Delta\bar{t}_5 = 91.72$
$e_6 = 12.77$	$\bar{e}_6 = 18.66$	$\Delta\bar{e}_6 = 1.74$	$t_6 = 2008.9$	$\bar{t}_6 = 2467.52$	$\Delta\bar{t}_6 = 176.11$
$e_7 = 6.44$	$\bar{e}_7 = 16.92$	$\Delta\bar{e}_7 = 0.31$	$t_7 = 1234.8$	$\bar{t}_7 = 2291.41$	$\Delta\bar{t}_7 = 51.31$
$e_8 = 14.46$	$\bar{e}_8 = 16.61$	$\Delta\bar{e}_8 = 1.62$	$t_8 = 1880.9$	$\bar{t}_8 = 2240.10$	
$e_9 = 2.96$	$\bar{e}_9 = 15.09$	$\Delta\bar{e}_9 = 0.96$			
$e_{10} = 5.48$	$\bar{e}_{10} = 14.13$	$\Delta\bar{e}_{10} = 0.10$			
$e_{11} = 13.06$	$\bar{e}_{11} = 14.03$	$\Delta\bar{e}_{11} = 0.17$			
$e_{12} = 16.07$	$\bar{e}_{12} = 14.20$				

TABELA A.8

TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS
DAS FOTOS NA ESCALA 1:20.000

Técnica Utilizada: Rede de 0.5 em 0.5 cm

ERRO POR FOTO	ERRO MÉDIO	$\Delta\bar{e} = \lvert\bar{e}_i - e_{i+1}\rvert$	TEMPO POR FOTO	TEMPO MÉDIO	$\Delta\bar{t} = \lvert\bar{t}_i - t_{i+1}\rvert$
$e_1 = 26.54$			$t_1 = 1911.8$		
$e_2 = 16.23$	$\bar{e}_2 = 21.39$	$\Delta\bar{e}_2 = 4.31$	$t_2 = 1715.7$	$\bar{t}_2 = 1813.75$	$\Delta\bar{t}_2 = 291.92$
$e_3 = 8.47$	$\bar{e}_3 = 17.08$	$\Delta\bar{e}_3 = 0.25$	$t_3 = 938.0$	$\bar{t}_3 = 1521.83$	$\Delta\bar{t}_3 = 122.07$
$e_4 = 18.08$	$\bar{e}_4 = 17.33$	$\Delta\bar{e}_4 = 0.65$	$t_4 = 2010.1$	$\bar{t}_4 = 1643.90$	$\Delta\bar{t}_4 = 57.42$
$e_5 = 14.08$	$\bar{e}_5 = 16.68$	$\Delta\bar{e}_5 = 0.64$	$t_5 = 1356.8$	$\bar{t}_5 = 1583.48$	$\Delta\bar{t}_5 = 6.35$
$e_6 = 12.82$	$\bar{e}_6 = 16.04$	$\Delta\bar{e}_6 = 0.54$	$t_6 = 1548.4$	$\bar{t}_6 = 1580.13$	$\Delta\bar{t}_6 = 39.67$
$e_7 = 12.29$	$\bar{e}_7 = 15.50$	$\Delta\bar{e}_7 = 0.00$	$t_7 = 1302.4$	$\bar{t}_7 = 1540.46$	$\Delta\bar{t}_7 = 16.04$
$e_8 = 15.47$	$\bar{e}_8 = 15.50$		$t_8 = 1668.8$	$\bar{t}_8 = 1556.50$	$\Delta\bar{t}_8 = 50.79$
			$t_9 = 1099.4$	$\bar{t}_9 = 1505.71$	

TABELA A.9

TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS DAS FOTOS NA ESCALA 1:20.000

Técnica Utilizada: Rede de 1 em 1 cm

ERRO POR FOTO	ERRO MÉDIO	$\Delta\bar{e} = \lvert\bar{e}_i - e_{i+1}\rvert$	TEMPO POR FOTO	TEMPO MÉDIO	$\Delta\bar{t} = \lvert\bar{t}_i - t_{i+1}\rvert$
$e_1 = 61.67$			$t_1 = 1105.6$		
$e_2 = 39.24$	$\bar{e}_2 = 50.46$	$\Delta\bar{e}_2 = 8.98$	$t_2 = 1040.6$	$\bar{t}_2 = 1073.1$	$\Delta\bar{t}_2 = 143.77$
$e_3 = 23.53$	$\bar{e}_3 = 41.48$	$\Delta\bar{e}_3 = 0.71$	$t_3 = 641.8$	$\bar{t}_3 = 929.33$	$\Delta\bar{t}_3 = 90.60$
$e_4 = 44.30$	$\bar{e}_4 = 42.19$	$\Delta\bar{e}_4 = 1.81$	$t_4 = 1291.7$	$\bar{t}_4 = 1019.93$	$\Delta\bar{t}_4 = 41.51$
$e_5 = 33.18$	$\bar{e}_5 = 40.38$	$\Delta\bar{e}_5 = 1.62$	$t_5 = 812.4$	$\bar{t}_5 = 978.42$	$\Delta\bar{t}_5 = 17.64$
$e_6 = 30.62$	$\bar{e}_6 = 38.76$	$\Delta\bar{e}_6 = 1.74$	$t_6 = 872.6$	$\bar{t}_6 = 960.78$	$\Delta\bar{t}_6 = 21.25$
$e_7 = 26.58$	$\bar{e}_7 = 37.02$	$\Delta\bar{e}_7 = 0.29$	$t_7 = 812.0$	$\bar{t}_7 = 939.53$	$\Delta\bar{t}_7 = 0.41$
$e_8 = 39.35$	$\bar{e}_8 = 37.31$		$t_8 = 942.8$	$\bar{t}_8 = 939.94$	$\Delta\bar{t}_8 = 40.51$
			$t_9 = 575.4$	$\bar{t}_9 = 899.43$	

TABELA A.10

TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS
DAS FOTOS NA ESCALA 1:20.000

Técnica Utilizada: Rede de 2 em 2 cm

ERRO POR FOTO	ERRO MÉDIO	$\Delta\bar{e} = \lvert\bar{e}_i - e_{i+1}\rvert$	TEMPO POR FOTO	TEMPO MÉDIO	$\Delta\bar{t} = \lvert\bar{t}_i - t_{i+1}\rvert$
$e_1 = 167.16$			$t_1 = 871.2$		
$e_2 = 118.93$	$\bar{e}_2 = 143.05$	$\Delta\bar{e}_2 = 24.54$	$t_2 = 824.0$	$\bar{t}_2 = 847.60$	$\Delta\bar{t}_2 = 24.20$
$e_3 = 69.44$	$\bar{e}_3 = 118.51$	$\Delta\bar{e}_3 = 5.52$	$t_3 = 775.0$	$\bar{t}_3 = 823.40$	$\Delta\bar{t}_3 = 46.40$
$e_4 = 140.57$	$\bar{e}_4 = 124.53$	$\Delta\bar{e}_4 = 2.50$	$t_4 = 1009.0$	$\bar{t}_4 = 869.80$	$\Delta\bar{t}_4 = 56.60$
$e_5 = 111.56$	$\bar{e}_5 = 121.53$	$\Delta\bar{e}_5 = 4.61$	$t_5 = 586.8$	$\bar{t}_5 = 813.20$	$\Delta\bar{t}_5 = 8.57$
$e_6 = 93.86$	$\bar{e}_6 = 116.92$	$\Delta\bar{e}_6 = 5.97$	$t_6 = 761.8$	$\bar{t}_6 = 804.63$	$\Delta\bar{t}_6 = 37.74$
$e_7 = 75.10$	$\bar{e}_7 = 110.95$	$\Delta\bar{e}_7 = 0.21$	$t_7 = 540.4$	$\bar{t}_7 = 766.89$	$\Delta\bar{t}_7 = 1.86$
$e_8 = 112.65$	$\bar{e}_8 = 111.16$		$t_8 = 781.8$	$\bar{t}_8 = 768.75$	$\Delta\bar{t}_8 = 39.51$
			$t_9 = 413.2$	$\bar{t}_9 = 729.24$	$\Delta\bar{t}_9 = 17.71$
			$t_{10} = 552.0$	$\bar{t}_{10} = 711.52$	$\Delta\bar{t}_{10} = 13.70$
			$t_{11} = 560.8$	$\bar{t}_{11} = 697.82$	$\Delta\bar{t}_{11} = 7.26$
			$t_{12} = 784.9$	$\bar{t}_{12} = 705.08$	$\Delta\bar{t}_{12} = 13.12$
			$t_{13} = 534.6$	$\bar{t}_{13} = 691.96$	$\Delta\bar{t}_{13} = 4.59$
			$t_{14} = 756.2$	$\bar{t}_{14} = 696.55$	

TABELA A.11

TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS
DAS FOTOS NA ESCALA 1:30.000

Técnica Utilizada: Balança de Precisão

ERRO POR FOTO	ERRO MÉDIO	$\Delta\bar{e} = \lvert\bar{e}_i - e_{i+1}\rvert$	TEMPO POR FOTO	TEMPO MÉDIO	$\Delta\bar{t} = \lvert\bar{t}_i - t_{i+1}\rvert$
$e_1 = 15.88$			$t_1 = 8330.8$		
$e_2 = 1.69$	$\bar{e}_2 = 8.79$	$\Delta\bar{e}_2 = 0.82$	$t_2 = 1123.1$	$\bar{t}_2 = 4726.95$	$\Delta\bar{t}_2 = 884.85$
$e_3 = 6.35$	$\bar{e}_3 = 7.97$	$\Delta\bar{e}_3$ 0.51	$t_3 = 2072.4$	$\bar{t}_3 = 3842.10$	$\Delta\bar{t}_3 = 450.23$
$e_4 = 10.00$	$\bar{e}_4 = 8.48$	$\Delta\bar{e}_4$ 0.91	$t_4 = 5643.0$	$\bar{t}_4 = 4292.33$	$\Delta\bar{t}_4 = 402.01$
$e_5 = 13.01$	$\bar{e}_5 = 9.39$	$\Delta\bar{e}_5$ 0.14	$t_5 = 6302.4$	$\bar{t}_5 = 4694.34$	$\Delta\bar{t}_5 = 26.79$
$e_6 = 8.58$	$\bar{e}_6 = 9.25$	$\Delta\bar{e}_6$ 0.45	$t_6 = 4533.6$	$\bar{t}_6 = 4667.55$	$\Delta\bar{t}_6 = 210.35$
$e_7 = 12.38$	$\bar{e}_7 = 9.70$	$\Delta\bar{e}_7$ 0.17	$t_7 = 6140.0$	$\bar{t}_7 = 4877.90$	$\Delta\bar{t}_7 = 24.50$
$e_8 = 8.31$	$\bar{e}_8 = 9.53$	$\Delta\bar{e}_8$ 0.03	$t_8 = 4681.9$	$\bar{t}_8 = 4853.40$	
$e_9 = 9.28$	$\bar{e}_9 = 9.50$				

TABELA A.12

TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS
DAS FOTOS NA ESCALA 1:30.000

Técnica Utilizada: Planímetro

ERRO POR FOTO	ERRO MÉDIO	$\Delta\bar{e} = \lvert\bar{e}_i - e_{i+1}\rvert$	TEMPO POR FOTO	TEMPO MÉDIO	$\Delta\bar{t} = \lvert\bar{t}_i - t_{i+1}\rvert$
$e_1 = 21.79$			$t_1 = 5485.2$		
$e_2 = 3.66$	$\bar{e}_2 = 12.73$	$\Delta\bar{e}_2 = 2.02$	$t_2 = 809.1$	$\bar{t}_2 = 3147.15$	$\Delta\bar{t}_2 = 663.12$
$e_3 = 6.68$	$\bar{e}_3 = 10.71$	$\Delta\bar{e}_3 = 3.68$	$t_3 = 1157.8$	$\bar{t}_3 = 2484.03$	$\Delta\bar{t}_3 = 201.77$
$e_4 = 25.42$	$\bar{e}_4 = 14.39$	$\Delta\bar{e}_4 = 1.00$	$t_4 = 3291.1$	$\bar{t}_4 = 2685.80$	$\Delta\bar{t}_4 = 404.52$
$e_5 = 19.39$	$\bar{e}_5 = 15.39$	$\Delta\bar{e}_5 = 1.75$	$t_5 = 4708.4$	$\bar{t}_5 = 3090.32$	$\Delta\bar{t}_5 = 19.85$
$e_6 = 25.89$	$\bar{e}_6 = 17.14$	$\Delta\bar{e}_6 = 0.99$	$t_6 = 2971.2$	$\bar{t}_6 = 3070.47$	$\Delta\bar{t}_6 = 57.59$
$e_7 = 24.08$	$\bar{e}_7 = 18.13$	$\Delta\bar{e}_7 = 0.62$	$t_7 = 3473.6$	$\bar{t}_7 = 3128.06$	$\Delta\bar{t}_7 = 92.51$
$e_8 = 13.13$	$\bar{e}_8 = 17.51$	$\Delta\bar{e}_8 = 0.22$	$t_8 = 2388.0$	$\bar{t}_8 = 3035.55$	$\Delta\bar{t}_8 = 16.28$
$e_9 = 15.55$	$\bar{e}_9 = 17.29$	$\Delta\bar{e}_9 = 0.09$	$t_9 = 2889.0$	$\bar{t}_9 = 3019.27$	$\Delta\bar{t}_9 = 18.32$
$e_{10} = 18.18$	$\bar{e}_{10} = 17.38$	$\Delta\bar{e}_{10} = 0.49$	$t_{10} = 2836.1$	$\bar{t}_{10} = 3000.95$	
$e_{11} = 12.07$	$\bar{e}_{11} = 16.89$				

TABELA A.13

TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS DAS FOTOS NA ESCALA 1:30.000

Técnica Utilizada: Rede de 0.5 em 0.5 cm

ERRO POR FOTO	ERRO MÉDIO	$\Delta\bar{e} = \lvert\bar{e}_i - e_{i+1}\rvert$	TEMPO POR FOTO	TEMPO MÉDIO	$\Delta\bar{t} = \lvert\bar{t}_i - t_{i+1}\rvert$
$e_1 = 38.17$			$t_1 = 2610.4$		
$e_2 = 7.07$	$\bar{e}_2 = 22.62$	$\Delta\bar{e}_2 = 2.68$	$t_2 = 1320.5$	$\bar{t}_2 = 1965.45$	$\Delta\bar{t}_2 = 216.48$
$e_3 = 14.59$	$\bar{e}_3 = 19.94$	$\Delta\bar{e}_3 = 1.87$	$t_3 = 1316.0$	$\bar{t}_3 = 1748.97$	$\Delta\bar{t}_3 = 293.38$
$e_4 = 27.39$	$\bar{e}_4 = 21.81$	$\Delta\bar{e}_4 = 0.66$	$t_4 = 2922.5$	$\bar{t}_4 = 2042.35$	$\Delta\bar{t}_4 = 68.49$
$e_5 = 25.13$	$\bar{e}_5 = 22.47$	$\Delta\bar{e}_5 = 0.20$	$t_5 = 2384.8$	$\bar{t}_5 = 2110.84$	$\Delta\bar{t}_5 = 20.47$
$e_6 = 21.29$	$\bar{e}_6 = 22.27$	$\Delta\bar{e}_6 = 1.57$	$t_6 = 1988.0$	$\bar{t}_6 = 2090.37$	$\Delta\bar{t}_6 = 4.40$
$e_7 = 33.21$	$\bar{e}_7 = 23.84$	$\Delta\bar{e}_7 = 0.26$	$t_7 = 2059.6$	$\bar{t}_7 = 2085.97$	$\Delta\bar{t}_7 = 24.80$
$e_8 = 21.82$	$\bar{e}_8 = 23.58$		$t_8 = 2280.2$	$\bar{t}_8 = 2110.25$	$\Delta\bar{t}_8 = 41.16$
			$t_9 = 1739.8$	$\bar{t}_9 = 2069.09$	

TABELA A.14

TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS
DAS FOTOS NA ESCALA 1:30.000

Técnica Utilizada: Rede de 1 em 1 cm

ERRO POR FOTO	ERRO MÉDIO	$\Delta\bar{e} = \lvert\bar{e}_i - e_{i+1}\rvert$	TEMPO POR FOTO	TEMPO MÉDIO	$\Delta\bar{t} = \lvert\bar{t}_i - t_{i+1}\rvert$
$e_1 = 91.73$			$t_1 = 1450.0$		
$e_2 = 18.51$	$\bar{e}_2 = 55.12$	$\Delta\bar{e}_2 = 9.33$	$t_2 = 1058.1$	$\bar{t}_2 = 1254.05$	$\Delta\bar{t}_2 = 133.02$
$e_3 = 27.12$	$\bar{e}_3 = 45.79$	$\Delta\bar{e}_3 = 7.01$	$t_3 = 855.0$	$\bar{t}_3 = 1121.03$	$\Delta\bar{t}_3 = 230.40$
$e_4 = 73.83$	$\bar{e}_4 = 52.80$	$\Delta\bar{e}_4 = 5.13$	$t_4 = 2042.6$	$\bar{t}_4 = 1351.43$	$\Delta\bar{t}_4 = 52.39$
$e_5 = 78.48$	$\bar{e}_5 = 57.93$	$\Delta\bar{e}_5 = 0.24$	$t_5 = 1613.4$	$\bar{t}_5 = 1403.82$	$\Delta\bar{t}_5 = 48.20$
$e_6 = 56.47$	$\bar{e}_6 = 57.69$	$\Delta\bar{e}_6 = 0.82$	$t_6 = 1693.0$	$\bar{t}_6 = 1452.02$	$\Delta\bar{t}_6 = 22.19$
$e_7 = 63.41$	$\bar{e}_7 = 58.51$	$\Delta\bar{e}_7 = 1.42$	$t_7 = 1607.4$	$\bar{t}_7 = 1474.21$	$\Delta\bar{t}_7 = 22.98$
$e_8 = 47.16$	$\bar{e}_8 = 57.09$	$\Delta\bar{e}_8 = 0.91$	$t_8 = 1658.0$	$\bar{t}_8 = 1497.19$	
$e_9 = 48.94$	$\bar{e}_9 = 56.18$				

TABELA A.15

TABELA DEMONSTRATIVA DOS DADOS OBTIDOS

DAS FOTOS NA ESCALA 1:30.000

Técnica Utilizada: Rede de 2 em 2 cm

ERRO POR FOTO	ERRO MÉDIO	$\Delta\bar{e} = \lvert\bar{e}_i - e_{i+1}\rvert$	TEMPO POR FOTO	TEMPO MÉDIO	$\Delta\bar{t} = \lvert\bar{t}_i - t_{i+1}\rvert$
$e_1 = 276.64$			$t_1 = 1340.4$		
$e_2 = 44.08$	$\bar{e}_2 = 160.36$	$\Delta\bar{e}_2 = 26.39$	$t_2 = 847.4$	$\bar{t}_2 = 1093.90$	$\Delta\bar{t}_2 = 72.97$
$e_3 = 81.49$	$\bar{e}_3 = 134.07$	$\Delta\bar{e}_3 = 6.06$	$t_3 = 875.0$	$\bar{t}_3 = 1020.93$	$\Delta\bar{t}_3 = 95.50$
$e_4 = 158.31$	$\bar{e}_4 = 140.13$	$\Delta\bar{e}_4 = 15.85$	$t_4 = 1402.9$	$\bar{t}_4 = 1116.43$	$\Delta\bar{t}_4 = 38.31$
$e_5 = 219.40$	$\bar{e}_5 = 155.98$	$\Delta\bar{e}_5 = 3.06$	$t_5 = 1308.0$	$\bar{t}_5 = 1154.74$	$\Delta\bar{t}_5 = 32.84$
$e_6 = 137.60$	$\bar{e}_6 = 152.92$	$\Delta\bar{e}_6 = 6.52$	$t_6 = 1351.8$	$\bar{t}_6 = 1187.58$	$\Delta\bar{t}_6 = 6.95$
$e_7 = 198.53$	$\bar{e}_7 = 159.44$	$\Delta\bar{e}_7 = 3.01$	$t_7 = 1236.2$	$\bar{t}_7 = 1194.53$	$\Delta\bar{t}_7 = 12.12$
$e_8 = 134.64$	$\bar{e}_8 = 156.34$	$\Delta\bar{e}_8 = 3.63$	$t_8 = 1291.5$	$\bar{t}_8 = 1206.65$	$\Delta\bar{t}_8 = 39.83$
$e_9 = 123.71$	$\bar{e}_9 = 152.71$	$\Delta\bar{e}_9 = 0.18$	$t_9 = 1002.0$	$\bar{t}_9 = 1183.91$	
$e_{10} = 150.92$	$\bar{e}_{10} = 152.53$				

APÊNDICE B

TABELAS DEMONSTRATIVAS DA RELAÇÃO ENTRE ERRO E TAMANHO DA AMOSTRA

TABELA B.1

TEMPO ESTIMADO DE DELIMITAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DAS CULTURAS

ESCALA	TEMPO
E_1 : 1:10.000	2 h 46 min 32,7 seg
E_2 : 1:20.000	3 h 46 min 43,7 seg
E_3 : 1:30.000	4 h 52 min 8,8 seg

TABELA B.2

CUSTOS UNITÁRIOS ADOTADOS PARA O CÁLCULO DAS FUNÇÕES DE CUSTO

Preço do filme	Cr$4.250,00
Preço da revelação	Cr$3.550,00
Preço da cópia de uma fotografia em transparência positiva	Cr$300,00
Preço da hora de vôo	Cr$2.890,89
Salário/dia do pesquisador	Cr$952,00
Diária de cada elemento da tripulação	Cr$630,00

TABELA B.3

RELAÇÃO ENTRE O ERRO E O TAMANHO DA AMOSTRA
PARA A ESCALA 1:10.000

erro (%)	n_{11} (algodão)	n_{12} (milho)	n_{13} (soja)	n_1^*	$\frac{n_1^* . 100}{N_1}$
5,0	118	113	117	118	96,72
5,5	117	111	116	117	95,90
6,0	116	110	115	116	95,08
6,5	115	108	114	115	94,26
7,0	114	106	113	114	93,44
7,5	113	104	112	113	92,62
8,0	112	101	110	112	91,80
8,5	111	99	109	111	90,98
9,0	110	97	108	110	90,16
9,5	109	95	107	109	89,34
10,0	107	93	105	107	87,70
10,5	106	90	104	106	86,89
11,0	105	88	102	105	86,07
11,5	103	86	101	103	84,43
12,0	102	84	99	102	83,61
12,5	101	82	98	101	82,79
13,0	99	79	96	99	81,15
13,5	98	77	95	98	80,33
14,0	96	75	93	96	78,69
14,5	95	73	92	95	77,87
15,0	93	71	90	93	76,23
15,5	92	69	88	92	75,41
16,0	90	67	87	90	73,77
16,5	89	66	85	89	72,95
17,0	88	64	84	88	72,13

TABELA B.3

CONTINUAÇÃO

erro (%)	n_{11} (algodão)	n_{12} (milho)	n_{13} (soja)	n_1^*	$\frac{n_1^* . 100}{N_1}$
17,5	86	62	82	86	70,49
18,0	85	60	81	85	69,67
18,5	83	59	79	83	68,03
19,0	82	57	78	82	67,21
19,5	80	55	76	80	65,57
20,0	79	54	75	79	64,75
20,5	78	52	73	78	63,93
21,0	76	51	72	76	62,30
21,5	75	50	70	75	61,48
22,0	74	48	69	74	60,66
22,5	72	47	68	72	59,02
23,0	71	46	66	71	58,20
23,5	70	44	65	70	57,38
24,0	68	43	64	68	55,74
24,5	67	42	63	67	54,92
25,0	66	41	61	66	54,10
25,5	65	40	60	65	53,28
26,0	63	39	59	63	51,64
26,5	62	38	58	62	50,82
27,0	61	37	57	61	50,00
27,5	60	36	56	60	49,18
28.0	59	35	54	59	48,36
28,5	58	34	53	58	47,54
29,0	57	33	52	57	46,72
29,5	56	33	51	56	45,90
30,0	55	32	50	55	45,08

TABELA B.4

RELAÇÃO ENTRE O ERRO E O TAMANHO DA AMOSTRA
PARA A ESCALA 1:20.000

erro (%)	n_{21} (algodão)	n_{22} (milho)	n_{23}. (soja)	n_2^*	$\frac{n_2^* . 100}{N_2}$
5,0	34	34	34	34	97,14
5,5	34	33	34	34	97,14
6,0	34	33	34	34	97,14
6,5	34	33	34	34	97,14
7,0	34	32	34	34	97,14
7,5	34	32	33	34	97,14
8,0	33	32	33	33	94,29
8,5	33	31	33	33	94,29
9,0	33	31	33	33	94,29
9,5	33	30	32	33	94,29
10,0	33	30	32	33	94,29
10,5	32	29	32	32	91,43
11,0	32	29	32	32	91,43
11,5	32	28	31	32	91,43
12,0	32	28	31	32	91,43
12,5	31	28	31	31	88,57
13,0	31	27	30	31	88,57
13,5	31	27	30	31	88,57
14,0	30	26	30	30	85,71
14,5	30	26	29	30	85,71
15,0	30	25	29	30	85,71
15,5	30	25	29	30	85,71
16,0	29	25	28	29	82,86
16,5	29	24	28	29	82,86
17,0	29	24	28	29	82,86

TABELA B.4

CONTINUAÇÃO

erro (%)	n_{21} (algodão)	n_{22} (milho)	n_{23} (soja)	n_2^*	$\frac{n_2^* . 100}{N_2}$
17,5	28	23	27	28	80,00
18,0	28	23	27	28	80,00
18,5	28	22	27	28	80,00
19,0	27	22	26	27	77,14
19,5	27	21	26	27	77,14
20,0	27	21	26	27	77,14
20,5	26	20	25	26	74,29
21,0	26	20	25	26	74,29
21,5	26	19	25	26	74,29
22,0	26	19	24	26	74,29
22,5	25	19	24	25	71,43
23,0	25	18	24	25	71,43
23,5	25	18	23	25	71,43
24,0	24	18	23	24	68,57
24,5	24	17	23	24	68,57
25,0	24	17	22	24	68,57
25,5	23	16	22	23	65,71
26,0	23	16	22	23	65,71
26,5	23	16	21	23	65,71
27,0	22	15	21	22	62,86
27,5	22	15	21	22	62,86
28,0	22	15	21	22	62,86
28,5	22	15	20	22	62,86
29,0	21	14	20	21	60,00
29,5	21	14	20	21	60,00
30,0	21	14	19	21	60,00

TABELA B.5

RELAÇÃO ENTRE O ERRO E O TAMANHO DA AMOSTRA
PARA A ESCALA 1:30.000

erro (%)	n_{31} (algodão)	n_{32} (milho)	n_{33} (soja)	n_3^*	$\frac{n_3^* . 100}{N_3}$
5,0	16	17	17	17	100,00
5,5	16	17	17	17	100,00
6,0	16	16	17	17	100,00
6,5	16	16	17	17	100,00
7,0	16	16	17	17	100,00
7,5	16	16	16	16	94,12
8,0	16	16	16	16	94,12
8,5	16	16	16	16	94,12
9,0	15	16	16	16	94,12
9,5	15	16	16	16	94,12
10,0	15	16	16	16	94,12
10,5	15	15	16	16	94,12
11,0	15	15	16	16	94,12
11,5	15	15	16	16	94,12
12,0	14	15	16	16	94,12
12,5	14	15	16	16	94,12
13,0	14	15	15	15	88,24
13,5	14	15	15	15	88,24
14,0	14	14	15	15	88,24
14,5	13	14	15	15	88,24
15,0	13	14	15	15	88,24
15,5	13	14	15	15	88,24
16,0	13	14	15	15	88,24
16,5	13	14	15	15	88,24
17,0	12	13	14	14	82,35

TABELA B.5

CONTINUAÇÃO

erro (%)	n_{31} (algodão)	n_{32} (milho)	n_{33} (soja)	n^*	$\frac{n_3^* . 100}{N}$
17,5	12	13	14	14	82,35
18,0	12	13	14	14	82,35
18,5	12	13	14	14	82,35
19,0	12	13	14	14	82,35
19,5	11	13	14	14	82,35
20,0	11	12	14	14	82,35
20,5	11	12	14	14	82,35
21,0	11	12	13	13	76,47
21,5	11	12	13	13	76,47
22,0	10	12	13	13	76,47
22,5	10	11	13	13	76,47
23,0	10	11	13	13	76,47
23,5	10	11	13	13	76,47
24,0	10	11	13	13	76,47
24,5	10	11	12	12	70,59
25,0	9	11	12	12	70,59
25,5	9	11	12	12	70,59
26,0	9	10	12	12	70,59
26,5	9	10	12	12	70,59
27,0	9	10	12	12	70,59
27,5	9	10	12	12	70,59
28,0	8	10	11	11	64,71
28,5	8	10	11	11	64,71
29,0	8	9	11	11	64,71
29,5	8	9	11	11	64,71
30,0	8	9	11	11	64,71

```
86700/87700  F O R T R A N   C O M P I L A T I O N   M A R K   2.8.060    MONDAY, 08/22/77    09:46 AM
                                                                          START OF SEGMENT 002
                                                                 00000100  C  002:0000:0
      SUBROUTINE ORDENA(A,N,KK)                                  00000110  C  002:0000:0
      DIMENSION A(KK,1)                                          00000120  C  002:0000:0
      M=N                                                        00000130  C  002:0000:5
5     M=M/2                                                      00000140  C  002:0002:2
      IF(M.EQ.0) RETURN                                          00000150  C  002:0003:1
      K=N-M                                                      00000160  C  002:0004:4
      J=1                                                        00000170  C  002:0005:2
10    I=J                                                        00000180  C  002:0006:1
15    L=I+M                                                      00000190  C  002:0007:4
      IF(A(I,1).LE.A(L,1)) GO TO 20                              00000200  C  002:0008:2
      T=A(I,1)                                                   00000210  C  002:0000:2
      A(I,1)=A(L,1)                                              00000220  C  002:0010:4
      A(L,1)=T                                                   00000230  C  002:0012:5
      T=A(I,5)                                                   00000240  C  002:0015:5
      A(I,5)=A(L,5)                                              00000250  C  002:0018:1
      A(L,5)=T                                                   00000260  C  002:001E:2
      I=I-M                                                      00000270  C  002:001F:5
      IF(I.GE.1) GO TO 15                                        00000280  C  002:0020:4
20    J=J+1                                                      00000290  C  002:0022:0
      IF (J.GT.K) GO TO 5                                        00000300  C  002:0023:0
      GO TO 10                                                   00000310  C  002:0023:3
      END                                                                 SEGMENT 002 IS 002C LONG
```

```
                                                                        START OF SEGMENT 003
      DIMENSION CORREL(5,5), DADOS(208,5), MEDIAS(5), DESPDR(5),        00000320  C  003:0000:0
     1SUMSQ(5),L(5), M(5), ISAVE(5), RX(4,4), RY(4), B(4), SB(4), T(4),  00000330  C  003:0000:0
     2ANS(10), Z(5), X(210), Y(210), YYY(208)                           00000340  C  003:0000:0
      DIMENSION TEXTO1(2),TEXTO2(2),TEXTO3(4),TEXTO4(3),TEXTO5(3),      00000350  C  003:0000:0
     *TEXTO6(5),TEXTO7(4),TEXTOS(5,4)                                   00000360  C  003:0000:0
      DATA TEXTO1/"AREA MEDIDA "/,                                      00000370  C  003:0000:0
     *TEXTO2/"AREA REAL   "/,                                           00000380  C  003:0000:0
     *TEXTO3/"AREAS EM KM QUADRADO    "/,                               00000390  C  003:0000:0
     *TEXTO4/"DADOS MEDIDOS     "/,                                    00000400  C  003:0000:0
     *TEXTO5/"DADOS AJUSTADOS   "/,                                    00000410  C  003:0000:0
     *TEXTO6/"TECNICA DE MEDICAO DE AREAS - "/                          00000420  C  003:0000:0
      MMM=208                                                           00000430  C  003:0000:0
      NAM=208                                                           00000440  C  003:0000:5
      ALT=0.21                                                          00000450  C  003:0001:4
      DO 2 I=1,5                                                        00000460  C  003:0003:3
      READ(5,1) (TEXTOS(I,J),J=1,4)                                     00000470  C  003:0005:0
                                                                                     FIR IS 0006 LONG
1     FORMAT(4A6)                                                       00000480  C  003:0013:2
2     CONTINUE                                                          00000490  C  003:0013:2
      NUMERO=0                                                          00000500  C  003:0015:3
      READ(5,3) (YYY(I), I=1,208)                                       00000510  C  003:0016:1
3     FORMAT (8F10.2)                                                   00000520  C  003:0023:2
      CALL PLOT(0.,15.,-3)                                              00000530  C  003:0023:2
      CALL PLOT(0.,-10,-3)                                              00000540  C  003:0025:0
200   READ(5,4,END=500) (DADOS(I,1),I=1,208)                            00000550  C  003:0026:5
4     FORMAT (8F10.2)                                                   00000560  C  003:0034:0
      NUMERO=NUMERO+1                                                   00000570  C  003:0034:0
      DO 5 I=1,5                                                        00000580  C  003:0035:2
5     ISAVE(I)=I                                                        00000590  C  003:0036:0
      DO 6 I=1,208                                                      00000600  C  003:0039:5
6     DADOS(I,5)=YYY(I)                                                 00000610  C  003:003B:0
      CALL ORDENA(DADOS,NAM,MMM)                                        00000620  C  003:003F:5
      GP=4                                                              00000630  C  003:0042:1
      TOL=1.0E-9                                                        00000640  C  003:0043:0
      INDEP=5                                                           00000650  C  003:0045:3
      CALL YG2189(NAM, GP, DADOS, MEDIAS, DESPDR, CORREL, SUMSQ)        00000660  C  003:0046:2
      CALL YG2187( GP+1, CORREL,INDEP,GP,ISAVE,RX,RY)                   00000670  C  003:004B:2
      CALL YF1008 (RX,GP   ,DET,L,M,TOL)                                00000680  C  003:0050:2
      CALL YG2188(NAM,GP,MEDIAS,DESPDR,SUMSQ,RX,RY,ISAVE,B,SB,T,ANS)    00000690  C  003:0054:3
      WRITE(6,10)                                                       00000700  C  003:005C:5
                                                                                     FIR IS 0006 LONG
10    FORMAT(15(/),37X,"ESCALA UTILIZADA:  1:20 000")                   00000710  C  003:0061:2
      DO 15 J=1,4                                                       00000720  C  003:0061:2
15    TEXTO7(J)=TEXTOS(NUMERO,J)                                        00000730  C  003:0062:0
      WRITE(6,20) (TEXTO6(J),J=1,5) (TEXTO7(J),J=1,4)                   00000740  C  003:0067:4
                                                                                     (094)
WARNING:"(" COMMA OR RIGHT PARENTHESIS EXPECTED
20    FORMAT(///,20X,9A6)                                               00000750  C  003:007A:2
      WRITE(6,30)                                                       00000760  C  003:007A:2
30    FORMAT(////,41X,"POLINOMIO AJUSTADO:")                            00000770  C  003:007E:2
      Z(1)=ANS(1)*0.04;Z(2)=B(1);Z(3)=B(2)*25;Z(4)=B(3)*625;            00000780  C  003:007E:2
      Z(5)=B(4)*625*25;                                                 00000790  C  003:0087:0
      WRITE(6,40)                                                       00000800  C  003:0089:5
40    FORMAT(/// ,56X,"2",13X,"3",13X,"4")                              00000810  C  003:008E:2
      WRITE(6,50) (Z(I),I=1,5)                                          00000820  C  003:008E:2
50    FORMAT(15X,"Y  =",(F9.5),"   +   ",(F5.3)," X   +   ",(F5.3)," X  00000830  C  003:009A:2
     4 +   ",(F5.3)," X   +   ",(F5.3)," X")                            00000840  C  003:009A:2
      WRITE(6,60)                                                       00000850  C  003:009A:2
60    FORMAT(////////,82X,"2")                                          00000860  C  003:009E:2
```

```
      WRITE(6,70)                                                       00000870  C  003:009E:2
70    FORMAT(23X,"COMENTARIO: A UNIDADE DE MEDIDA DOS VALORES  X  E  Y  00000880  C  003:00A2:2
     7 E KM")                                                           00000890  C  003:00A2:2
      DO 80 I=1,NAM                                                     00000900  C  003:00A2:2
      X(I)=DADOS(I,1)*0.04                                              00000910  C  003:00A3:0
80    Y(I)=DADOS(I,5)*0.04                                              00000920  C  003:00A7:2
      CALL SCALE(X,15,NAM,+1)                                           00000930  C  003:00AD:3
      CALL SCALE(Y,9,NAM,+1)                                            00000940  C  003:00AF:5
      CALL AXIS(0.,0.,TEXTO1,-11,15,0.,X(NAM+1),X(NAM+2))               00000950  C  003:00B2:1
      CALL AXIS(0.,0.,TEXTO2,+9,9,90.,Y(NAM+1),Y(NAM+2))                00000960  C  003:00B7:1
      CALL SYMBOL(1.,8.,ALT,TEXTO6,0.,30)                               00000970  C  003:00BC:1
      CALL PLOT(XX,YY,4)                                                00000980  C  003:00BF:0
      CALL SYMBOL(XX+ALT*8.,ALT,TEXTO7,0.,21)                           00000990  C  003:00C1:0
      CALL SYMBOL(1.,7.,ALT,TEXTO3,0.,20)                               00001000  C  003:00C4:3
      CALL SYMBOL(1.,6.,ALT,TEXTO4,0.,13)                               00001010  C  003:00C7:2
      CALL PLOT(XX,YY,4)                                                00001020  C  003:00CA:1
      CALL PLOT(XX+0.5,6,3)                                             00001030  C  003:00CC:1
      CALL PLOT(XX+2.5,6,2)                                             00001040  C  003:00D0:0
      CALL SYMBOL(1.,5.,ALT,TEXTO5,0.,15)                               00001050  C  003:00D3:0
      CALL PLOT(XX,YY,4)                                                00001060  C  003:00D5:5
      CALL CARESP(XX+0.5,5.,ALT,11,0.,-1)                               00001070  C  003:00D7:5
      CALL CARESP(XX+1.5,5.,ALT,11,0.,+1)                               00001080  C  003:00DC:0
      CALL CARESP(XX+2.5,5.,ALT,11,0.,+1)                               00001090  C  003:00DF:5
      CALL LINE(X,Y,NAM,1,0,1,0)                                        00001100  C  003:00E3:5
      DELTA=(X(208)-X(1))/207                                           00001110  C  003:00E7:0
      XINIC=X(1)                                                        00001120  C  003:00E9:2
      SOMA=XINIC-DELTA                                                  00001130  C  003:00EA:2
      DO 90 I=1,208                                                     00001140  C  003:00EB:2
      SOMA=SOMA+DELTA                                                   00001150  C  003:00EC:0
      X(I)=SOMA                                                         00001160  C  003:00ED:2
90    Y(I)=Z(1)+SOMA*(Z(2)+SOMA*(Z(3)+SOMA*(Z(4)+SOMA*Z(5))))           00001170  C  003:00EF:0
      CALL LINE(X,Y,NAM,1,20,11,0)                                      00001180  C  003:00F8:1
      CALL PLOT(17.,0.,-3)                                              00001190  C  003:00FB:4
      GO TO 200                                                         00001200  C  003:00FD:2
500   CALL PLOT(0.,0.,999)                                              00001210  C  003:00FD:5
      STOP                                                              00001220  C  003:00FF:2
      END                                                               00001230  C  003:0100:1
                                                                                SEGMENT 003 IS 013D LONG
```

ESCALA UTILIZADA: 1:20 000

TECNICA DE MEDICAO DE AREAS - BALANCA DE PRECISAO

POLINOMIO AJUSTADO:

$$Y = -0.00217 + 1.018\,X + -.015\,X^2 + 0.004\,X^3 + -.000\,X^4$$

COMENTARIO: A UNIDADE DE MEDIDA DOS VALORES X E Y E KM^2

ESCALA UTILIZADA: 1:20 000

TECNICA DE MEDICAO DE AREAS - PLANIMETRO

POLINOMIO AJUSTADO:

$$Y = 0.00379 + 0.992\,X + 0.006\,X^2 + 0.005\,X^3 + -.001\,X^4$$

COMENTARIO: A UNIDADE DE MEDIDA DOS VALORES X E Y E KM^2

ESCALA UTILIZADA: 1:20 000

TECNICA DE MEDICAO DE AREAS - REDE DE 0.5 EM 0.5 CM

POLINOMIO AJUSTADO:

$$Y = 0.00015 + 0.996\,X + 0.014\,X^2 + -.006\,X^3 + 0.001\,X^4$$

COMENTARIO: A UNIDADE DE MEDIDA DOS VALORES X E Y E KM^2

ESCALA UTILIZADA: 1:20 000

TECNICA DE MEDICAO DE AREAS - REDE DE 1.0 EM 1.0 CM

POLINOMIO AJUSTADO:

$$Y = 0.00864 + 0.928\,X + 0.081\,X^2 + -.032\,X^3 + 0.004\,X^4$$

COMENTARIO: A UNIDADE DE MEDIDA DOS VALORES X E Y E KM^2

ESCALA UTILIZADA: 1:20 000

TECNICA DE MEDICAO DE AREAS - REDE DE 2.0 EM 2.0 CM

POLINOMIO AJUSTADO:

$$Y = 0.04456 + 0.082\,X + 0.648\,X^2 + -.221\,X^3 + 0.023\,X^4$$

COMENTARIO: A UNIDADE DE MEDIDA DOS VALORES X E Y E KM^2

TECNICA DE MEDICAO DE AREAS - BALANCA DE PRECISAO
AREAS EM KM QUADRADO
DADOS MEDIDOS
DADOS AJUSTADOS
0
0.80
1.60
2.40
3.20
4.00
4.80
5.60
6.40
7.20
0.40
0.80
1.20
1.60
2.00
2.40
2.80
3.20
3.60
4.00
4.40
4.80
5.20
5.60
6.00
AREA MEDIDA

TECNICA DE MEDICAO DE AREAS - PLANIMETRO
AREAS EM KM QUADRADO
DADOS MEDIDOS
DADOS AJUSTADOS
AREA REAL
AREA MEDIDA
.80
1.60
2.40
3.20
4.00
4.80
5.60
6.40
7.20
.40
.80
1.20
1.60
2.00
2.40
2.80
3.20
3.60
4.00
4.40
4.80
5.20
5.60
6.00

TECNICA DE MEDICAO DE AREAS - REDE DE 0.5 EM 0.5 CM
AREAS EM KM QUADRADO
DADOS MEDIDOS
DADOS AJUSTADOS
.80
1.60
2.40
3.20
4.00
4.80
5.60
6.40
7.20
.40
.80
1.20
1.60
2.00
2.40
2.80
3.20
3.60
4.00
4.40
4.80
5.20
5.60
6.00
AREA MEDIDA

TECNICA DE MEDICAO DE AREAS - REDE DE 1.0 EM 1.0 CM
AREAS EM KM QUADRADO
DADOS MEDIDOS
DADOS AJUSTADOS
AREA REAL
AREA MEDIDA
.80
1.60
2.40
3.20
4.00
4.80
5.60
6.40
7.20
.40
.80
1.20
1.60
2.00
2.40
2.80
3.20
3.60
4.00
4.40
4.80
5.20
5.60
6.00

TECNICA DE MEDICAO DE AREAS - REDE DE 2.0 EM 2.0 CM
AREAS EM KM QUADRADO
DADOS MEDIDOS
DADOS AJUSTADOS
AREA REAL
AREA MEDIDA
.40
.80
1.20
1.60
2.00
2.40
2.80
3.20
3.60
4.00
4.40
4.80
5.20
5.60
6.00
.80
1.60
2.40
3.20
4.00
4.80
5.60
6.40
7.20