

# 1 Introdução

## 1.1. Motivação

A agricultura historicamente tem grande importância socioeconômica para as populações.

Atualmente, agravada pela redução dos estoques mundiais, principalmente de cereais, o mercado internacional vem sofrendo significativo impacto, o que tem gerado aumento nos preços dos alimentos, alarmando dirigentes e líderes. Segundo a Organização para Agricultura e Alimentação das Nações Unidas (FAO, sigla em inglês), o preço geral dos alimentos aumentou cerca de 75% desde o início deste século e continuará subindo até 2017.

Além disso, diante da atual crise dos Estados Unidos, provocando a queda do dólar, vem ocorrendo especulação em torno do mercado de *commodities* como, o café, a soja, o trigo e outros produtos básicos.

A valorização dessas *commodities* tem efeitos distintos para os diversos atores. Obviamente, os países exportadores são os que se beneficiam com esta situação, conseqüentemente os seus produtores.

O Brasil, com um clima diversificado, chuvas regulares, energia solar abundante, alta disponibilidade de água doce, possui cerca de 388 milhões de hectares de terras agricultáveis, dos quais apenas 298 milhões são utilizados (MAPA, 2008), o que o torna um país ideal para atividades agropecuárias.

O agronegócio é atualmente responsável por um em cada três reais gerados. Assim, considerando-se a participação desta atividade no PIB nacional, fica ainda mais evidenciada a sua importância. A agropecuária representa aproximadamente 12% de seu total, considerando-se apenas o valor de produção. Se todo o complexo agroindustrial for considerado, esta parcela sobe para 35%. Os produtos agrícolas são ainda responsáveis por mais de 25% do total exportado pelo país (MAPA, 2008), sendo que o Brasil é um dos líderes mundiais na produção e

exportação de vários produtos agropecuários como café, açúcar, álcool, sucos de frutas e soja.

O Brasil tem se beneficiado com a alta dos preços. Já se vislumbra inclusive que, em função da forte demanda, a próxima safra bata um recorde histórico, com colheita prevista de cento e quarenta milhões de toneladas, o que representa aumento de quase 7,0% em relação à safra anterior (ICTSD, 2008). O milho é o principal responsável por este aumento, em função do desvio da produção americana para o etanol. A soja, no entanto, continua sendo o destaque da produção e exportação. Há uma expectativa de serem colhidas sessenta milhões de toneladas no ano.

A produção brasileira é quase 30% maior do que o consumo interno, ressaltando a vocação exportadora do país. Diante deste dado, é incontestável que o Brasil tem potencial suficiente para contribuir para a solução da crise mundial de alimentos.

Com informações exatas sobre o plantio de diferentes culturas, é possível traçar planos comerciais para regularização dos estoques internos, para a tomada de decisão sobre subsídios e para delimitar estratégias de negociação de *commodities* agrícolas em mercados financeiros. Produtores rurais, exportadores, importadores, indústria alimentícia, fornecedores de insumos, investidores e o governo são alguns dos setores interessados nessas informações.

Devido a essa crescente demanda, cada vez mais dados provenientes de sensoriamento remoto vêm sendo empregados em atividades relacionadas a estimativas agrícolas, já que estes dados são obtidos de forma objetiva e exata (Ippoliti-Ramilo, 1999). Alguns trabalhos como (Gleriani, 2004), (Sanchez, 2004) e (Epiphanyo, 2007) são exemplos desta aplicação.

O uso de uma metodologia operacional que utiliza dados de sensoriamento remoto orbital para a classificação de culturas agrícolas pode apresentar problemas relacionados ao período de aquisição das imagens orbitais, já que em certos períodos do ano como, por exemplo, no verão, a pluviosidade é maior e a ocorrência de cobertura de nuvens mais frequente. Esse fato dificulta a utilização de dados provenientes de sensores ópticos (Formaggio et al., 2003).

Uma forma de contornar esse problema, aumentando a chance de obtenção de imagens limpas, livres de nuvens, em épocas como o verão, é a utilização de sensores de alta resolução temporal. Estes sensores passam por uma área

geográfica em intervalos curtos de tempo, o que possibilita a aquisição de várias imagens durante um mesmo período de safra.

Sabe-se, por outro lado, que a resolução temporal está inversamente relacionada à resolução espacial. Quando um sensor possui alta resolução temporal, em geral, possui resoluções espaciais mais baixas, podendo um pixel corresponder a centenas de metros quadrados. Para aplicações onde se deseja delimitar e classificar talhões agrícolas, sensores de baixa resolução espacial podem ter exatidão insuficiente.

Uma alternativa para isso é o uso de sensores de alta resolução temporal e resolução espacial média, como o Landsat usado neste trabalho, cuja resolução espacial é de 30m. Esses sensores, além de aumentarem a chance de obter imagens livres de nuvens em certas épocas do ano, ainda permitem que se delimitem os talhões agrícolas com boa exatidão, facilitando todo o processo de classificação.

O presente trabalho procura combinar dois campos de conhecimento que vêm tendo uma evolução significativa nos últimos anos: i) a pesquisa sobre técnicas de classificação multitemporal a partir de imagens de sensoriamento remoto e ii) sobre fenologia, que é o estudo do ciclo biológico das plantas e compreende o acompanhamento de fases como floração, frutificação, queda e brotamento foliar e a relação com o clima (Ibot, 2008). Aqui se encontra a inovação principal deste trabalho, uma vez que, existem poucos registros do uso de modelos fenológicos para auxiliar no processo de classificação das imagens (Aurdal et al., 2005).

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo Geral**

O objetivo da presente dissertação consiste em avaliar o potencial dos Modelos de Markov Ocultos para a classificação de culturas agrícolas a partir de seqüências temporais de imagens de sensoriamento remoto.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

Desenvolver um método baseado em HMM para:

- identificar diferentes tipos de culturas agrícolas;
- identificar os estágios fenológicos em que as culturas se encontram ao longo de seus ciclos;
- avaliar o método proposto em uma seqüência de imagens de satélite de média resolução;
- avaliar a contribuição do conhecimento multitemporal na acurácia da classificação automática em relação ao uso de informação monotemporal.

### **1.3. Organização do restante da dissertação**

O restante desta dissertação está organizado da seguinte maneira: o próximo capítulo apresenta alguns trabalhos científicos produzidos anteriormente, utilizando metodologias baseadas em análise multitemporal de imagens de sensoriamento remoto, além da utilização desse tipo de análise para estimativas agrícolas, estudos sobre fenologia e algumas aplicações recentes dos Modelos de Markov Ocultos.

O Capítulo 3 explica a técnica de Modelos de Markov Ocultos, de forma a facilitar o entendimento do trabalho desenvolvido nesta dissertação.

No capítulo seguinte é apresentado o método proposto para a classificação de culturas agrícolas, baseado em Modelos de Markov Ocultos. Esse capítulo mostra os modelos escolhidos e como os parâmetros desses modelos foram estimados.

No Capítulo 5 é apresentada, de forma detalhada, a análise experimental. Depois de uma descrição da aplicação e do banco de dados disponível, os experimentos realizados são apresentados, assim como a discussão de seus resultados.

Finalmente, são apresentadas as conclusões obtidas ao longo deste trabalho e sugestões para continuidade desta pesquisa no Capítulo 6.