

BRYCHTN RIBEIRO DE VASCONCELOS

**USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA DE MANDIOCA
INDUSTRIAL: CASO DA MICRORREGIÃO DE PARANAVAÍ/PR**

BOLSISTA CAPES

**UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO LOCAL
MESTRADO ACADÊMICO
CAMPO GRANDE – MS**

2012

BRYCHTN RIBEIRO DE VASCONCELOS

**USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA DE MANDIOCA
INDUSTRIAL: CASO DA MICRORREGIÃO DE PARANAVAÍ/PR**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Local Mestrado Acadêmico, como requisito para obter o título de mestre, sob a orientação do Professor Dr. Olivier François Vilpoux.

BOLSISTA CAPES

**UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO LOCAL
MESTRADO ACADÊMICO
CAMPO GRANDE – MS**

2012

Ficha catalográfica

Vasconcelos, Brychtn Ribeiro de

**Uso de geotecnologias para identificação da área de mandioca industrial:
caso da microrregião de Paranavaí. / Brychtn Ribeiro De Vasconcelos:
orientador Olivier François Vilpoux. 2012.**

71 f.

**Dissertação (mestrado em desenvolvimento local) – Universidade Católica
Dom Bosco, Campo Grande, 2012.**

1. Sensoriamento Remoto 2. Mandioca 3. Paraná

FOLHA DE APROVAÇÃO

Título:

**USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA DE MANDIOCA
INDUSTRIAL: CASO DA MICRORREGIÃO DE PARANAVAÍ/PR**

Área de concentração: Desenvolvimento Local em Contexto de Territorialidades

Linha de Pesquisa: Desenvolvimento Local: Sistemas Produtivos, Inovação, Governança

Dissertação aprovada em: 31/07/2012

BANCA EXAMINADORA

Orientador - Prof Dr Olivier François Vilpoux (UCDB)

Universidade Católica Dom Bosco

Profª Drª Cleonice Alexandre Le Bourlegat (UCDB)

Universidade Católica Dom Bosco

Prof Dr Antonio Conceição Paranhos Filho (UFMS)

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

RESUMO

A dissertação apresenta a importância da aplicação das geotecnologias no setor de amido de mandioca, principalmente o sensoriamento remoto que deve ser utilizado para oferecer informações com o intuito de reduzir as incertezas no preço da mandioca industrial no Brasil. A pesquisa tem por objetivo verificar a possibilidade de uso dessas geotecnologias para estimar a área plantada de mandioca industrial para uso em feculárias. Num primeiro tempo, pretendeu-se verificar a possibilidade de identificar áreas de produção de mandioca no Paraná, na microrregião de Paranavaí, maior região brasileira de produção de fécula, por meio das imagens do sensor *Thematic Mapper* do satélite Landsat 5. A estimativa da área plantada com mandioca apresentou uma acurácia superior a 95% na identificação manual de plantios de mandioca. Os resultados obtidos foram diferentes daqueles do IBGE para os municípios pesquisados. A técnica desenvolvida poderia ser utilizada no planejamento estratégico das empresas e no monitoramento da área plantada, com o objetivo de regular as variações de preço e de estabilizar o setor, permitindo um desenvolvimento mais sustentável da atividade. A dificuldade de estender a avaliação manual da área plantada em regiões mais extensas, como a de um Estado, levou no aprofundamento da pesquisa, com a tentativa de automatização da análise. Os resultados obtidos são apresentados na forma de um segundo artigo, com uso das imagens do sensor *Thematic Mapper* do satélite Landsat 5. Os resultados mostraram que os classificadores automáticos não conseguiram separar o cultivo da mandioca de outros cultivos e de solos descobertos. A alternativa para contornar esse problema será colocar em prática a identificação manual.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Mandioca. Paraná.

ABSTRACT

The thesis presents the importance of geotechnology application in cassava starch industry, especially the remote sensing which must be used to provide information about how to reduce uncertainties in the price of industrial cassava in Brazil. The aim of the research is to check the possibility of using geotechnologies to estimate the area planted with industrial cassava for starch use. Initially, we intended to verify the possibility of identifying areas of cassava produced in Paraná, in the micro region of Paranavaí, the biggest Brazilian region of starch production, by using sensor images Landsat Thematic Mapper 5. The results showed a success in the estimation of 95% with manual identification of cassava area. The results were very different from the official data. The methodology developed could be used in the strategic planning of cassava starch companies and the monitoring of planted areas, with the aim of regulating the prices variations, allowing for a more sustainable activity. The difficulty of extending the manual evaluation for bigger territories, as a whole state, make necessary further researches, in an attempt to automate the analysis. The results are presented in a second paper, using the Thematic Mapper Landsat 5 image sensor. The results showed that automatic classifiers were unable to separate cassava from other crops and bare soils. The alternative to solve this problem will be to use the manual identification.

Keywords: Remote Sensing. Cassava. Paraná.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evolução da produção de fécula de mandioca no Brasil e nos principais estados produtores, entre 2003 e 2009	6
Figura 2. Evolução dos preços médios a vista da mandioca paga aos produtores, entre julho de 1994 e Outubro de 2011, nos estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul	7
Figura 3. Evolução da produção de amido de mandioca no Brasil, de 1990 a 2009	9
Figura 4. Modelo de análise utilizado para verificar a precisão da estimativa de área plantada com mandioca	21
Figura 5. Evolução da produção de fécula de mandioca no Brasil e nos principais estados produtores, entre 2003 e 2009	26
Figura 6. Evolução dos preços médios a vista da mandioca paga aos produtores, entre julho de 1994 e Outubro de 2011, nos estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul	27
Figura 7. Modelo de análise utilizado para verificar a precisão da estimativa de área plantada com mandioca	36
Figura 8. Evolução da produção de amido de mandioca no Brasil e nos principais estados produtores, entre 2003 e 2009	48
Figura 9. Evolução dos preços médios a vista da mandioca paga aos produtores, entre julho de 1994 e Outubro de 2011, nos estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul	49

LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Localização da região pesquisada	19
Mapa 2: Localização da região pesquisada	33
Mapa 3: Banda individual da imagem TM/Landsat de uma porção dos municípios de Santa Mônica e de Loanda no Estado do Paraná, obtida em 04 de junho de 2011	37
Mapa 4: Localização da região pesquisada	55
Mapa 5: Classificação gerada pelo algoritmo <i>Isodata</i>	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais características sensor <i>Thematic Mapper</i> (TM) do satélite Landsat 5.....	17
Tabela 2: Datas das imagens adquiridas para a pesquisa	18
Tabela 3: Principais características sensor <i>Thematic Mapper</i> (TM) do satélite Landsat 5.....	32
Tabela 4: Datas das imagens adquiridas para a pesquisa	33
Tabela 5: Verificação da eficiência das estimativas feitas a partir da chave de identificação	38
Tabela 6: Comparação das áreas estimadas por geotecnologias com as estimativas do IBGE, no ano de 2011	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD – Árvores de Decisão

DoD – Department of Defense (Departamento de Defesa dos Estados Unidos)

GNSS – Global Navigation Satellite System (Sistema Global de Navegação por Satélite)

GLONASS – *Global Orbiting Navigation Satellite System*

GPS – Global Positioning System

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

NASA – National Aeronautics and Space Administration

PAM – Produção Agrícola Municipal

S/A – Sociedade Anônima

SIG – Sistema de Informação Geográfica

TM – Thematic Mapper

SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO	1
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Produção de mandioca no Brasil e no mundo	4
2.1.1. Importância da mandioca para o desenvolvimento rural	5
2.1.2. O setor de amido de mandioca no Brasil	6
2.1.3. Relações entre produtores e indústrias	9
2.2. Uso de geotecnologias para levantamento de áreas plantadas	11
2.2.1. As geotecnologias	11
2.2.2. Automatização da estimativa de área de uma cultura	13
2.2.3. Uso de geotecnologias para levantamento de área e seguimento de produção	14
III. METODOLOGIA	17
3.1. Geotecnologias utilizadas	17
3.2. Área de estudo	18
3.3. Obtenção dos dados de campo	19
3.3.1. Levantamento inicial de campo	20
3.3.2. Verificação da eficiência do levantamento	20
3.3.3. Estimativa da área de mandioca em três municípios da microrregião de Paranavaí	21
3.4. Automatização da análise	22
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1. Artigo I: Estimativa da área de mandioca industrial, por meio de geotecnologias, na região de Paranavaí, PR	23
4.1.1. Introdução	23
4.1.2. Produção de fécula de mandioca no Brasil	25
4.1.3. Uso de geotecnologias para levantamento de áreas planta	28
4.1.3.1. As geotecnologias	28
4.1.3.2. Uso de geotecnologias para levantamento de área e seguimento de produção	30
4.1.4. Metodologia	32
4.1.4.1. Geotecnologias utilizadas	32
4.1.4.2. Território da Pesquisa	33

4.1.4.3. Avaliação da área de mandioca	34
4.1.5. Resultados	36
4.1.5.1. Elaboração da chave de identificação	36
4.1.5.2. Verificação da eficiência da chave de identificação	37
4.1.5.3. Estimativa da área total de mandioca em três municípios na microrregião de Paranavaí	38
4.1.6. Considerações finais	40
4.1.7 Agradecimentos	41
4.1.8 Referências	41
4.2. Artigo II: Automação da identificação de área de cultivo de mandioca na microrregião de Paranavaí, PR, por meio do satélite Landsat 5 e do sensor TM	45
4.2.1. Introdução	45
4.2.2. O setor de amido de mandioca no Brasil	47
4.2.3. Uso de geotecnologias para levantamento de áreas plantadas	50
4.2.3.1. As geotecnologias	50
4.2.3.2. Automatização da estimativa de área de uma cultura	52
4.2.3.3. Uso de geotecnologias para levantamento de área e seguimento de produção	53
4.2.4. Metodologia	55
4.2.5. Resultados e discussão	57
4.2.6. Considerações finais	59
4.2.7. Referências bibliográficas	60
V. CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
VI. REFERÊNCIAS	67

I. INTRODUÇÃO

A origem da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) está na região amazônica brasileira. Os índios já a utilizavam e depois da chegada dos portugueses no Brasil, ela foi disseminada em outros continentes, principalmente a África e a Ásia. A mandioca teve um papel importante para a alimentação dos escravos e, na África, se fixou como um alimento de base da população. É uma das culturas alimentares mais importantes e difundida no mundo e suas raízes são uma valiosa fonte de carboidratos (SILVA et al., 2011). Em 2010, os principais países produtores de mandioca no mundo eram a Nigéria, a República Democrática do Congo, o Brasil, a Indonésia e a Tailândia (FAOSTAT, 2012).

A mandioca não só é utilizada por milhões de pessoas na alimentação humana e animal, como também serve de matéria-prima em vários produtos e subprodutos. Os principais industriais são a farinha, consumida principalmente no Brasil e na África, e a fécula ou amido, produzida essencialmente na Ásia, com a Tailândia como principal produtor e no Brasil. O grau de processamento e os requisitos técnicos tendem a aumentar da forma *in natura* para os amidos modificados, derivados mais modernos da mandioca, utilizados em várias aplicações. Como a mandioca normalmente exige alguma forma de tratamento antes de ser consumida ou vendida, o processamento torna-se de importância central no futuro da cultura (IFAD, 2001). O plantio da mandioca ocorre em todo o território nacional (IBGE, 2012), mas as unidades processadoras mais modernas, essencialmente de amido, estão concentradas na região Sul, em empresas de pequeno porte ou de elevado investimento. A produção nacional de fécula, ou amido, de mandioca ocorre essencialmente nos Estados da região Sudeste, Sul e Centro-Oeste. O Estado do Paraná é o principal produtor de fécula, com perto de 70% da produção, seguido do Mato Grosso do Sul e de São Paulo. A indústria de processamento de fécula de mandioca é mais moderna do que a de farinha. O amido é considerado uma *commodity* e o de mandioca é o principal exportado no mundo, com dominação do produto oriundo da Tailândia, principal produtor e exportador mundial (VILPOUX, 2008).

Como *commodity*, o amido de mandioca compete diretamente com os de milho, batata e trigo em nível internacional, e com o amido de milho no Brasil. A competitividade da mandioca não depende apenas dos preços praticados, mas da estabilidade desses preços e da regularidade da oferta.

Para Vilpoux (1997, 2010 e 2011), o principal gargalo do setor de amido de mandioca no Brasil é a instabilidade da oferta, que se traduz por grandes variações de preços. Goebel (2005) confirma essa situação e assevera que a quantidade de mandioca disponível é inconstante e na origem dos obstáculos em todo o setor. A solução para esse problema passa pelo aumento das informações disponíveis sobre cultivo de mandioca. A indicação da área plantada pode ajudar a planejar o plantio, evitando o excesso ou a falta de matéria-prima.

Uma opção para a coleta de informações sobre a produção de matéria-prima agrícola é o uso de geotecnologias. As geotecnologias, essencialmente o Sensoriamento Remoto, o GPS e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) aplicados ao monitoramento de cultivos e a estimativa de safra, podem ser implantadas com custo menor do que a realização de levantamento de campo. Essas tecnologias permitem o oferecimento de maior quantidade de informações, com possibilidade de dados de melhor qualidade.

A introdução identificou a importância das informações sobre a safra de mandioca para a estabilização do setor feculeiro brasileiro e a possibilidade de uso das geotecnologias no fornecimento dessas informações. A partir dessa constatação, a pesquisa tem por objetivo verificar a possibilidade de uso dessas geotecnologias para estimar a área plantada de mandioca industrial para uso em fecularias. Para a realização desse objetivo, a pesquisa foi dividida em dois objetivos específicos, cada um abordado em artigo próprio científico apresentado no Capítulo de Resultados e Discussões:

- Avaliar a possibilidade de aplicação das geotecnologias na identificação e estimativa de área plantada de mandioca industrial;
- Verificar a possibilidade de usar o sensor TM/Landsat 5 para automatização da avaliação da área plantada de mandioca industrial.

As geotecnologias destinadas às estimativas e monitoramento de safras podem oferecer informações de área plantada com maior precisão do que métodos tradicionais de levantamento no campo. O uso das geotecnologias deverá permitir a previsão de falta ou excesso de matéria-prima na produção de mandioca durante a safra. O agricultor, ao tomar posse dessas informações, poderá ajustar sua produção, em função das previsões e das necessidades de mercado. Os dados serão também úteis para a indústria planejar sua produção e incentivar os produtores. O aumento de informações no setor de mandioca poderá assim

reduzir as grandes variações periódicas dos preços da matéria-prima e diminuir a possibilidade da ação de agentes oportunistas no setor.

Após a introdução sobre a importância da pesquisa, apresenta-se a revisão bibliográfica sobre o setor de mandioca e as geotecnologias. A seguir é abordada a metodologia empregada na pesquisa, depois dos resultados da aplicação de geotecnologias na avaliação da área plantada de mandioca e das considerações finais.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A primeira parte da revisão bibliográfica apresenta a produção de mandioca no Brasil e no mundo, identificando a importância dessa cultura para o desenvolvimento rural, das características do setor de amido de mandioca no Brasil e das principais relações entre produtores e indústrias de amido. Em seguida é abordado o uso de geotecnologias para levantamento de áreas plantadas, com os conceitos e componentes das geotecnologias e exemplos de aplicação das geotecnologias para levantamento de áreas cultivadas.

2.1. Produção de mandioca no Brasil e no mundo

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta nativa do Brasil que durante os séculos XVI e XVII foi amplamente dispersa pelos Portugueses em regiões tropicais e subtropicais da África, Ásia e Caribe. Atualmente, ela possui um papel estratégico para milhões de pessoas na África, Ásia, América Latina e Caribe. Geralmente, a mandioca é cultivada por agricultores pobres, em áreas muitas vezes marginais e localizadas nos trópicos úmidos ou subúmidos. Desde sua dispersão pelos Portugueses ela se tornou um alimento básico em muitos países, devido à sua tolerância à seca e as condições de solos pobres (IFAD, 2001).

A mandioca é o tubérculo mais plantado no mundo tropical e justifica sua importância pelo fato de ser uma cultura de segurança alimentar na África Subsaariana, onde a desnutrição é uma ameaça (AKINBO et al., 2010). Ela é parte essencial da dieta de mais de meio bilhão de pessoas e fornece um meio de subsistência para milhões de agricultores, processadores e comerciantes no mundo inteiro.

A mandioca é matéria prima para inúmeros produtos, incluindo farinha, ração animal, álcool, papel, têxteis, adoçantes, alimentos preparados e produtos biodegradáveis. O grau de processamento e os requisitos técnicos tendem a aumentar da forma *in natura* para os amidos modificados. Como a mandioca normalmente exige alguma forma de tratamento antes de ser

consumida ou vendida, o processamento torna-se de importância central no futuro da cultura (IFAD, 2001).

A utilização da mandioca como insumo industrial depende da sua disponibilidade e competitividade de preços em relação a produtos alternativos, como o milho. Essas necessidades aumentam a pressão sobre produtores e processadores para diminuir custos (FAO, 2000).

No Brasil, a mandioca sempre foi cultivada em vários sistemas agrícolas, desde cultivo de fundo de quintal, passando pela agricultura tradicional praticada em pequenas escalas por produtores do semi-árido do Nordeste ou da região da Amazônia, até cultivo em grande escala no sul do Brasil, com colheita semi-mecanizada (CHUZEL, 2001).

2.1.1. Importância da mandioca para o desenvolvimento rural

O desenvolvimento rural tem por objetivo levar mudanças para o ambiente rural, buscando a melhoria do bem-estar das populações rurais (NAVARRO, 2001).

Segundo o Plano Safra da Agricultura Familiar 2009/2010 os produtores familiares respondem por 70% dos alimentos que chegam à mesa dos brasileiros e por 10% do Produto Interno Bruto (PIB) do País. Segundo ABRAMOVAY (1997) no ano de 1991 as unidades produtivas familiares foram responsáveis por um terço da produção. A Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006 estabeleceu as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Ela considera que a agricultura familiar e os empreendimentos familiares rurais são aqueles que praticam atividades no meio rural e que atendam simultaneamente aos requisitos seguintes:

- Não possuir título de área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais¹;
- Utilizar predominantemente mão de obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento;
- Ter renda familiar predominantemente originada de atividades econômicas vinculadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento;
- Ter o estabelecimento ou empreendimento dirigido pela família.

Muitos pequenos e médio agricultores possuem característica de estabelecimento familiar rural e são considerados como não familiares por deixar de atender pelo menos um parâmetro da lei (BRASIL, 2006)

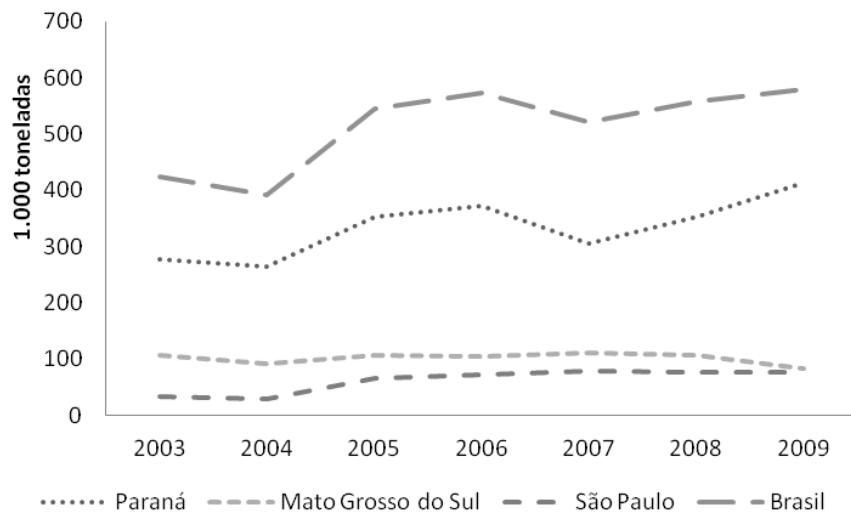
¹ Unidade de medida expressa em hectares, fixada para cada município.

As unidades de agricultura familiar (UAF) não se caracterizam apenas pela área. Não se deve diferenciar o agricultor familiar de um patronal² apenas pela área, porque área não significa a realidade econômica. É possível encontrar produtores patronais em área pequena com alta produtividade e rentabilidade, como existem produtores em grandes áreas de característica familiar e ainda com produtividade ineficiente (GUANRIZOLI, 2002).

No início da década de 90 é possível identificar o crescimento do interesse pela agricultura familiar no Brasil. Isso foi possível devido às políticas públicas como o PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar) e pela criação do MDA (Ministério do Desenvolvimento Agrário) (OLARDE, 2004).

2.1.2. O setor de amido de mandioca no Brasil

A maior parte da produção de amido de mandioca no Brasil se concentra em três estados, Paraná, Mato Grosso do Sul e São Paulo (Figura 1). O Paraná lidera, com 71% da produção nacional, seguido do Mato Grosso do Sul, com 14% e São Paulo, 13% (ABAM, 2011).



Fonte: ABAM (2011)

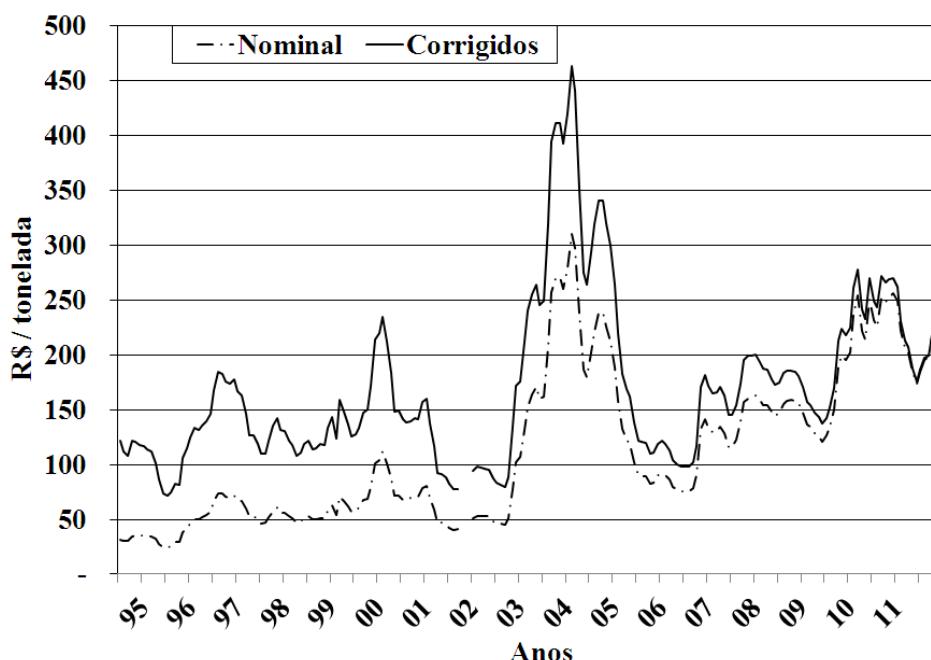
Figura 1. Evolução da produção de fécula de mandioca no Brasil e nos principais estados produtores, entre 2003 e 2009.

Na Figura 1 constata-se que a produção nacional de amido de mandioca possui a mesma evolução que no estado do Paraná, o que se explica pela grande participação desse estado. Apesar de algumas iniciativas localizadas em outros estados, no inicio dos anos 2000, principalmente em Goiás, Pará, Minas e na região Nordeste, a produção de fécula de mandioca permanece localizada nos três estados indicados na Figura 1.

² O produtor patronal é aquele cujo estabelecimento possui um proprietário como: chefe, dono ou patrão.

O setor produtivo de mandioca no Brasil é marcado por fortes variações periódicas, influenciadas pela oferta de produto. Felipe (2010) afirma que o preço da mandioca no momento do plantio influencia diretamente a decisão sobre a quantidade de área a ser plantada para a safra seguinte. Segundo Vilpoux (2010), as variações anuais elevadas de preço acontecem devido à variação na área plantada, como resposta direta aos preços praticados. Picos de preços altos seguem os de baixos, em intervalo de 12 a 18 meses, tempo equivalente ao ciclo completo de produção da cultura (Figura 2).

A origem da incerteza na indústria de fécula está no ambiente econômico e na vicissitude nos preços do amido de mandioca e de raízes. A oscilação dos preços cria uma percepção de incerteza, com dificuldade em definir os preços futuros. Essa incerteza estimula o comportamento oportunista dos agentes, com a compra pela indústria da matéria-prima contratada por outra empresa (NOGUEIRA, 1999).



Fonte: Vilpoux (2006) e CEPEA (2011).

Figura 2. Evolução dos preços médios a vista da mandioca paga aos produtores, entre julho de 1994 e Outubro de 2011, nos estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul.

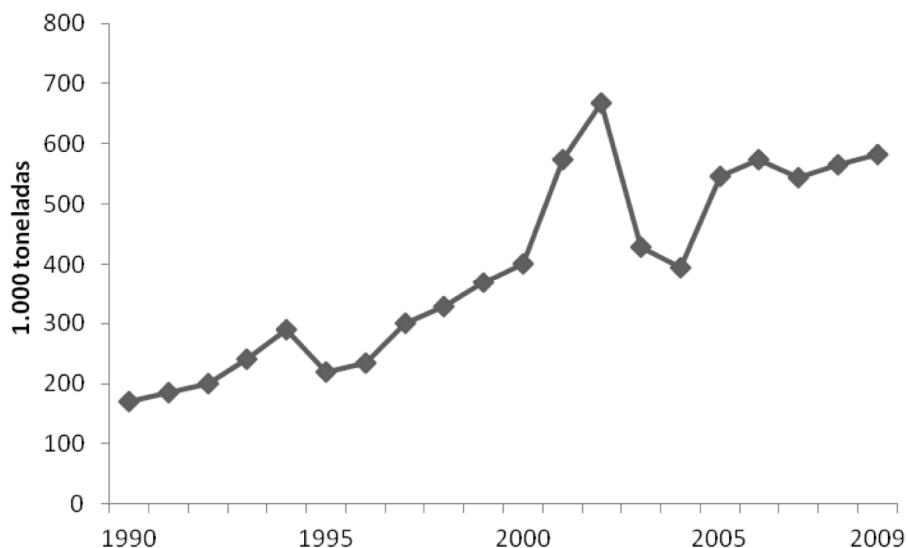
O produtor decide se planta ou não conforme o valor pago no momento do plantio. Ou seja, o plantio é maior nos períodos de preço alto e reduz com vigor depois da queda dos preços (VILPOUX, 2008).

O custo de produção da fécula é afetado principalmente pelo segmento agrícola, que responde pelo fornecimento de matéria-prima. A importância da mandioca para as indústrias faz com que todos os elos da cadeia tendem a sofrer com a instabilidade na oferta de matéria-prima, inviabilizando assim a competição no mercado de amido (CARDOSO e BARROS, 2004).

A instabilidade na produção agrícola e nos preços da mandioca foi identificada em 2006, pela Câmara Setorial de mandioca do estado do Mato Grosso do Sul, como responsável pela baixa competitividade dos produtos nos mercados nacionais e internacionais (VILPOUX, 2010). No entanto, esse problema é bem anterior e foi identificado nos anos noventa por Vilpoux (1997), que já afirmava que a instabilidade da oferta e dos níveis de preços eram fatores limitantes para o crescimento do setor. Para o autor, a falta de competitividade da cadeia de mandioca estava originada em arranjos institucionais inadequados entre produtores agrícolas e processadores.

Além de sofrer variações na sua produção, devido à falta de governança adequada no setor, a mandioca é ameaçada pelas principais culturas nacionais: soja, milho e, recentemente, pela cana-de-açúcar. No mercado da fécula, o principal concorrente da mandioca é o milho (VILPOUX, 2008). Para o autor, o preço do milho é mais estável que o da mandioca. O milho é uma *commodity* e conhece um maior controle sobre os preços e o abastecimento.

No inicio dos anos 2000, o grande interesse pela fécula contribuiu para aumentar a produção até o ano 2002 (Figura 3). Nos dois anos seguintes, a produção caiu em decorrência da ausência de matéria-prima, em consequência da falta de organização da cadeia agroindustrial. Em 2005 e 2006, a produção voltou a crescer respectivamente 39,1% e 12,8% em relação a 2004. Esses aumentos não foram suficientes para ultrapassar o recorde de produção de 2002 e em 2006 a produção permanecia 17,3% inferior. No ano de 2007, ocorreu novamente redução na produção de fécula de mandioca, com queda de 5,1% e em 2008 e 2009 a produção voltou a crescer, o que confirma a instabilidade do setor.



Fonte: ABAM (2011).

Figura 3. Evolução da produção de amido de mandioca no Brasil, de 1990 a 2009.

A origem da instabilidade nos preços é devida principalmente a relações inadequadas entre produtores e indústrias. Essa instabilidade foi definida por Cardoso (2003) como um dos principais obstáculos à competição e ao desenvolvimento da cadeia nos mercados internos e externos.

2.1.3. Relações entre produtores e indústrias

O baixo nível tecnológico aplicado na cultura da mandioca e as fracas relações contratuais entre fecularias e produtores resultam, no momento da comercialização de matéria-prima para a indústria de fécula, num aumento dos riscos de oportunismo (FELIPE, 2010). Esses riscos são agravados pela falta de informação sobre a disponibilidade real de matéria-prima na região de atividade das empresas.

A mandioca é um produto perecível, com alto teor de umidade, o que dificulta o transporte entre o campo e a indústria a uma distância maior do que 50 km (VILPOUX, 1997, 2006). Logo, estimativas de área poderão monitorar toda uma região de produção de mandioca para uma indústria, ou para uma entidade que represente o setor e, por meio das estimativas, facilitar o planejamento da produção, evitando prejuízos futuros.

A redução da incerteza é um dos fatores essenciais para ter sucesso na gestão empresarial. Esta é alcançada pela obtenção de maior quantidade de informações do ambiente no qual o setor está inserido (NOGUEIRA, 1999).

A cultura de mandioca necessita uma quantidade elevada de mão de obra. Essa atividade é essencialmente realizada por produtores de pequeno e médio portes. As fecularias negociam valores de transação reduzidos com grande quantidade de parceiros. A presença de contratos é escassa e, quando existem, estes não funcionam devido ao valor limitado de cada um. Caso aconteça desrespeito ao contrato por parte do produtor, é inviável para as empresas promover ação judicial, pois o custo pode ficar mais alto que o valor em litígio e o prazo para a decisão demorado (VILPOUX, 1997 e 2010).

Por causa dos baixos preços da raiz na safra 2001/2002, ocorreu aumento na quantidade de contratos. Entretanto, parte desses contratos era constituída simplesmente de cartas de intenção de compra da produção, cartas requeridas para obtenção de crédito rural pelos agentes financiadores. Em períodos de queda de plantio, aumentam os preços e não existem sanções para quebra de contrato por parte das indústrias. O contrato no setor considera apenas preço mínimo, não existe definição de preço máximo. Em períodos de crise de oferta de mandioca inicia-se um conflito de preço entre as indústrias, o que estimula o rompimento de contratos (CARDOSO, 2003).

O contrato não é utilizado pela maioria dos produtores, pois estes acreditam que no futuro poderão ter prejuízos caso ficassem presos a um documento que limite sua liberdade de ação. Existe uma grande quantidade de fecularias próxima à maioria dos produtores e estes aproveitam para negociar o melhor preço na comercialização (RINALDI, 2005). Do lado dos empresários, a utilização de contrato também é rara, principalmente devido à insegurança na definição dos preços futuros, tanto para a fécula como para as raízes da mandioca (NOGUEIRA, 1999).

A dificuldade para harmonizar as relações entre produtores e feculeiros possui outro agravante, a falta de instrumentos para enfrentar a assimetria de informações de preços. A ausência de processo mitigador pode ser explicada pelo fato de alguns agentes se beneficiar dessa situação. Esse comportamento impede mudanças e explica em parte o motivo pelo não acontecimento do processo de integração, mesmo com a alta interdependência entre os segmentos agrícolas e de processamento (CARDOSO, 2003).

Para o autor, a assimetria de informação com relação aos preços pode ser reduzida ou eliminada adotando um sistema de informação sobre indicadores de preços, investindo também em informações sobre estimativas de área e de quantidades transacionadas nos mercados físicos regionais. As instituições públicas são quem melhor poderiam gerenciar essa articulação cooperativa.

A competição pela matéria-prima é acirrada também pela facilidade da entrada de novas firmas no mercado, sem que exista uma real contrapartida da demanda. Em períodos de preço atrativo do produto, aumenta a entrada de novas empresas (CARDOSO, 2003).

2.2. Uso de geotecnologias para levantamento de áreas plantadas

A coleta de informações sobre culturas agrícolas por meio de tecnologias espaciais se intensificou nos últimos anos. As técnicas de geoprocessamento e os *softwares* de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) permitiram a obtenção de informações mais detalhadas sobre diferentes culturas. Por exemplo, o GPS (*Global Positioning System*) é utilizado no levantamento de campo para georreferenciar o plantio, assim como em máquinas agrícolas na agricultura de precisão, enquanto as imagens de satélites oferecem informações sobre o desenvolvimento do cultivo e estimativas de área.

Esse tópico divide-se em três partes, a primeira apresenta as tecnologias que integram a noção de geotecnologias. Em seguida são indicadas algumas experiências do uso dessas geotecnologias para levantamento de informações de áreas plantadas e o seguimento de produção no Brasil. Finalmente são apresentadas as tecnologias disponíveis para automatizar a obtenção de informações sobre a área de uma cultura.

2.2.1. As geotecnologias

O conceito de geotecnologias é utilizado para englobar todas as tecnologias e técnicas digitais de obtenção de informações do espaço geográfico. Um dos componentes mais conhecido é o geoprocessamento/geomática, mas existem outros componentes para o conceito, como as imagens de sensoriamento remoto, os sistemas de informações geográficas, o GPS, a agricultura de precisão e a cartografia digital.

O geoprocessamento é o ramo do conhecimento que faz uso das técnicas matemáticas e computacionais para tratamento de informações geográficas. Essa tecnologia possui custo relativamente baixo e seu potencial ainda pode ser somado ao fato do conhecimento ser adquirido localmente. Os SIGs são os instrumentos computacionais do geoprocessamento que permitem realizar análises complexas ao incorporar dados de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados (CÂMARA e MEDEIROS, 1998).

Os SIGs são utilizados para diversas finalidades, principalmente no monitoramento de safras agrícolas. Eles permitem manipular dados extensos, de grande volume e possuidores de estruturas e inter-relacionamentos complexos (RAMIREZ e SOUZA, 2007).

Para Câmara e Medeiros (1998) um SIG armazena a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados. Para aproveitar um SIG existem no mínimo três grandes formas de utilização: como ferramenta para produção de mapas; como suporte para análise espacial de fenômenos; como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação da informação.

Burrough (1986) define o SIG como um “conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real”. A integração de vários tipos de dados em SIG permite alto potencial para ser explorado por equipe multidisciplinar. Assim, um SIG com dados socioeconômicos, ambientais, urbanos, agrários, entre outros, possibilita o trabalho de inúmeros profissionais como geógrafos, economistas, administradores, engenheiros.

A integração do sensoriamento remoto e de Sistemas de Informações Geográficas proporciona ferramentas eficientes, com dados e resultados de boa qualidade, para pesquisas e monitoramento de áreas (EIUMNOH e SHRESTHA, 1999).

O NAVSTAR-GPS (*Global Positioning System*) é um sistema de radionavegação desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos – DoD (*Department of Defense*) com objetivo de ser o principal sistema de navegação das forças armadas norte-americanas. Em razão da acurácia oferecida pelo sistema e do grande desenvolvimento das tecnologias envolvidas nos receptores GPS, aumentou o numero de usuários em todos os segmentos da comunidade civil (agricultura, controle de frotas, navegação, posicionamento geodésico, etc.). O sistema GPS permite ao usuário, localizado em qualquer ponto na superfície terrestre, ou próximo a esta, na condição de ter a disposição quatro satélites, obter seu posicionamento em tempo real (MONICO, 2008).

O sistema NAVSTAR-GPS pertence ao GNSS (*Global Navigation Satellite System – Sistema Global de Navegação por Satélite*) que também integra os sistemas GLONASS (*Global Orbiting Navigation Satellite System*) de origem russa, Galileo (*European Satellite navigation System*) de origem européia e o sistema da China, o Compass, ou Beidou-2. Monico (2008) acredita que o uso integrado desses sistemas deverá revolucionar ainda mais todas as atividades que necessitam de posicionamento.

No âmbito da Tecnologia Espacial, o conceito de Sensoriamento Remoto significa, segundo Novo (2008):

“... a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que compõem em suas mais diversas manifestações” (p.4).

O sensoriamento remoto na agricultura é utilizado em diversas aplicações, por exemplo, monitoramento agrícola, condição das culturas, expansão de culturas, previsão de safras, erosão de solos, agricultura de precisão, índice de área foliar e em inúmeras outras aplicações. Para Sanches et al. (2005), o sensoriamento remoto constitui uma ferramenta de grande contribuição para o monitoramento da atividade agrícola e, desta forma, ganha cada vez mais espaço nessa área.

A disponibilidade de informações confiáveis sobre os tipos de culturas instaladas, área plantada e distribuição espacial dentro de uma determinada região, é fundamental na tomada de decisões para o planejamento, definição de prioridades e liberação de financiamento pelos setores públicos ou privados envolvidos na agricultura. Tais informações podem ser obtidas através de métodos convencionais, envolvendo questionários aplicados diretamente aos produtores, ou através da utilização de dados de Sensoriamento Remoto (SANO et al., 1998). No entanto, o custo de aplicar questionários diretamente aos produtores é alto e muitas vezes não gera dados confiáveis. Por essa razão, os métodos convencionais são substituídos, cada vez que possível, pelo uso de Sensoriamento Remoto.

2.2.2. Automatização da estimativa de área de uma cultura

A análise por computador é conhecida como análise quantitativa, por ter a capacidade de contar os *pixels* para estimativas de áreas, processo conhecido com classificação (RICHARDS e JIA, 2006).

Os dois principais tipos de classificações são o método automático e o semiautomático. A classificação automática, ou não supervisionada, é aquela que não passa por interferência de analista. A classificação nesse método ocorre apenas por trabalho do *software*. A classificação semiautomática ou supervisionada é aquele em que o analista seleciona amostras das áreas para produzir a classificação. Neste método, o analista ajuda o *software* a realizar a classificação.

Os dois métodos podem ser aplicados para a classificação de áreas com grande extensão territorial. O analista deverá saber qual o método que traz melhores resultados para a sua pesquisa e qual oferece resultados com melhor qualidade.

A classificação é um método onde as classes são associadas aos *pixels* em função das suas características espetrais. As classes são criadas pelo computador que possui áreas de treinamento para identificar previamente os *pixels* com semelhança espectral (RICHARDS e JIA, 2006). As áreas de treinamento são *pixels* selecionados para treinar o classificador a

reconhecer as classes desejadas. Se as áreas de treinamento forem escolhidas pelo analista, a classificação é considerada supervisionada, se for por meio de algoritmo de computador ela é definida como não supervisionada (SCHOWENGERDT, 2007).

A classificação multiespectral tem por finalidade analisar e comparar a relação entre as propriedades espetrais dos objetos desconhecidos com as propriedades espetrais de objetos conhecidos (KONECNY, 2003).

2.2.3. Uso de geotecnologias para levantamento de área e seguimento de produção

A agricultura é a grande beneficiaria das geotecnologias, essencialmente através a agricultura de precisão, que consiste no manejo estratégico de cultivos agrícolas com a aplicação de informação tecnológica e conhecimento agronômico. A agricultura de precisão trabalha com grande quantidade de dados que são coletados e tratados visando ao desenvolvimento do poder de decisão (SANTO et al., 2001).

O uso das geotecnologias pode ser também aplicado em outras áreas agronômicas, tal como o levantamento de culturas agrícolas. Um sistema para estimativa da área plantada da cultura de soja por meio das geotecnologias foi desenvolvido e testado no Estado do Rio Grande do Sul (RIZZI e RUDORFF, 2005). Esse sistema utilizou um método de classificação digital por interpretação visual das imagens, com base no comportamento espectro-temporal do plantio. A estimativa da área plantada de soja foi comparada com as estatísticas oficiais fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As maiores diferenças relativas foram observadas em municípios em que a cultura possuía pouca expressão, embora as maiores diferenças absolutas fossem observadas em municípios onde a área plantada com soja era bastante expressiva (acima de 10.000 ha). Em nível estadual foi observada uma diferença de 11,3% entre a estimativa do IBGE (2.773.498 ha) e a das imagens Landsat (2.492.880 ha). Rizzi e Rudorff (2005) concluíram que as imagens do satélite Landsat 5 podiam ser utilizadas para o correto mapeamento da soja e auxiliar na melhoria das estatísticas agrícolas oficiais.

Adami et al. (2005) desenvolveram um método para estimar as áreas plantadas de café, milho e soja na cidade de Cornélio Procópio, no Estado do Paraná. O método adotado foi a expansão direta com segmentos regulares de 1 x 1 km. Os autores utilizaram imagens de sensoriamento remoto, procedimentos de classificação de imagens, SIG e GPS. A comparação entre os resultados da pesquisa e as estimativas oficiais indicou que as melhores estimativas foram para a cultura da soja, que ocupava 32,1% da região. A estimativa da área de soja teve

uma diferença de 5,9% em relação à estimativa oficial e um coeficiente de variação igual a 6,6%.

Cirani e Moraes (2011) investigaram o processo de adoção e uso das tecnologias de agricultura de precisão na indústria sucroalcooleira do estado de São Paulo. Nos resultados é possível encontrar algumas geotecnologias entre as tecnologias adotadas, tais como o uso de imagens de satélite, adotadas por 76% das usinas, as fotografias aéreas, adotadas por 33% das empresas e amostragem de solo em grade (com GPS), tecnologia adotada por 31% das empresas pesquisadas.

Sanches et al. (2005) verificaram as variações de comportamentos espectrais de cana-de-açúcar, soja e milho em imagens de satélites e as correlacionaram com verificações de campo, feitas em três cidades localizadas ao norte do Estado de São Paulo.

Rudorff et al. (2004) mapearam as lavouras de cana-de-açúcar por meio de imagens de satélites, em escala municipal para todo o Estado de São Paulo na safra 2003/2004 e as de cana planta para a safra 2004/2005. O resultado geral da classificação mostrou que o estado de São Paulo tem 3,09 milhões de ha. de cana, o que equivale a cerca de 12,5% da área total do estado.

Em outra pesquisa com geotecnologias, Arcoverde et al. (2010) avaliaram as classificações de citros em imagens do sensor TM/Landsat-5, em Colônia e Barretos, cidades localizadas ao norte do Estado de São Paulo. Os resultados, segundo os autores, mostraram que as classificações concebidas por algoritmos de Árvores de Decisão (AD) apresentaram a melhor performance, com exceção da AD a partir de atributos de média por objeto. A classificação Maxver (máxima verossimilhança) apresentou semelhança significativa com as melhores classificações geradas por AD. A classificação por AD gerada a partir de valores de *pixel* apresentou o melhor custo/benefício.

A árvore de decisão é uma maneira gráfica de visualizar as consequências de decisões atuais e futuras bem como os eventos aleatórios relacionados. Maxver é a técnica de classificação supervisionada mais popular para tratamento de dados satélites. Este método é baseado no princípio de que a classificação errada de um pixel particular não tem mais significado do que a classificação incorreta de qualquer outro pixel na imagem (RICHARDS, 1993).

Chao et al. (2007) avaliaram o potencial do plantio da mandioca por meio do sistema de informação geográfica (SIG) e do sensoriamento remoto. Tienwong et al. (2009) avaliaram a aptidão das terras para o cultivo de algumas culturas importantes do ponto de vista econômico e energético, que são a cana de açúcar e a mandioca, em Kanchanaburi, província da Tailândia. Para realizar esse trabalho utilizaram um SIG. Concluíram que normalmente as

áreas mais adequadas para ambas às culturas foram localizadas na parte leste e inferior da província, que possui um solo altamente fértil e recursos hídricos abundantes. Constatou-se também que a maioria das partes da área adequada de ambas as culturas foi localizada em terras agrícolas existentes, mas usadas para outras culturas.

Eiumnoh e Shrestha (1999) realizaram um estudo sobre a área de plantio de mandioca e avaliação da produção. Essa pesquisa foi realizada na região nordeste da Tailândia, usando um sistema integrado de sensoriamento remoto e de Sistema de Informações Geográficas (SIG). O objetivo do estudo foi explorar o uso da NOAA-AVHRR para mapeamento de áreas de plantação de mandioca. O estudo foi realizado para a safra de dois anos, 1995 e 1996 e indicou que os dados NOAA-AVHRR podiam ser utilizados para mapear as áreas de plantio de mandioca em escala regional na Tailândia.

III. METODOLOGIA

A técnica utilizada desenvolvida visa em identificar a área plantada de mandioca industrial, por meio de imagens do sensor TM/Landsat 5, de modo que seja possível gerar informações que reduzem a incerteza no abastecimento do setor feculeiro nacional.

3.1. Geotecnologias utilizadas

As imagens empregadas para identificar os plantios de mandioca são multiespectrais do sensor TM do satélite Landsat 5 (*Land Remote Sensing Satellite*). O satélite Landsat 5, lançado em 1984, possui a bordo o sensor TM (*Thematic Mapper*) de resolução espacial de 30 metros, altura de órbita 705 km, largura de faixa imageadora de 185 km e 16 dias de duração do ciclo de cobertura para recobrimento da superfície. O satélite pertence ao Programa Landsat que se constitui em um conjunto de 7 satélites desenvolvidos e lançados pela *National Aeronautics and Space Administration* - NASA (NOVO, 2008). Na tabela 01 são apresentadas as principais características do sensor TM do satélite Landsat 5.

Tabela 1. Principais características sensor *Thematic Mapper* (TM) do satélite Landsat 5.

Número da Banda	Intervalo e Comprimento de Onda (μm)	Resposta Espectral	Resolução Espacial (m)	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
1	0.45 - 0.52	Azul-Verde	30			
2	0.52 - 0.60	Verde	30			
3	0.63 - 0.69	Vermelho	30			
4	0.76 - 0.90	Infravermelho Próximo	30			
5	1.55 - 1.75	Infravermelho Médio	30	16 dias	185 x 185 km	8 bits
6	10.40 - 12.50	Infravermelho Termal	120			
7	2.08 - 2.35	Infravermelho Médio	30			

Fonte: Embrapa (2012) e Short (2012).

As imagens do sensor TM do satélite Landsat 5 utilizadas foram obtidas no *website* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para execução da pesquisa foram necessárias 11 imagens, correspondentes da órbita 223 e do ponto 76, obtidas nos anos de 2009, 2010 e 2011. As informações sobre dia, mês e ano das imagens estão indicadas na Tabela 02.

Para pesquisa foram utilizadas todas as bandas, com exceção da banda seis do infravermelho termal. As imagens compostas possuem seis bandas e no processo de identificação dos plantios foram utilizadas composições coloridas. No final, optou-se por criar a chave de identificação apenas com a banda quatro do infravermelho próximo, que apresentou os melhores resultados entre as seis bandas testadas.

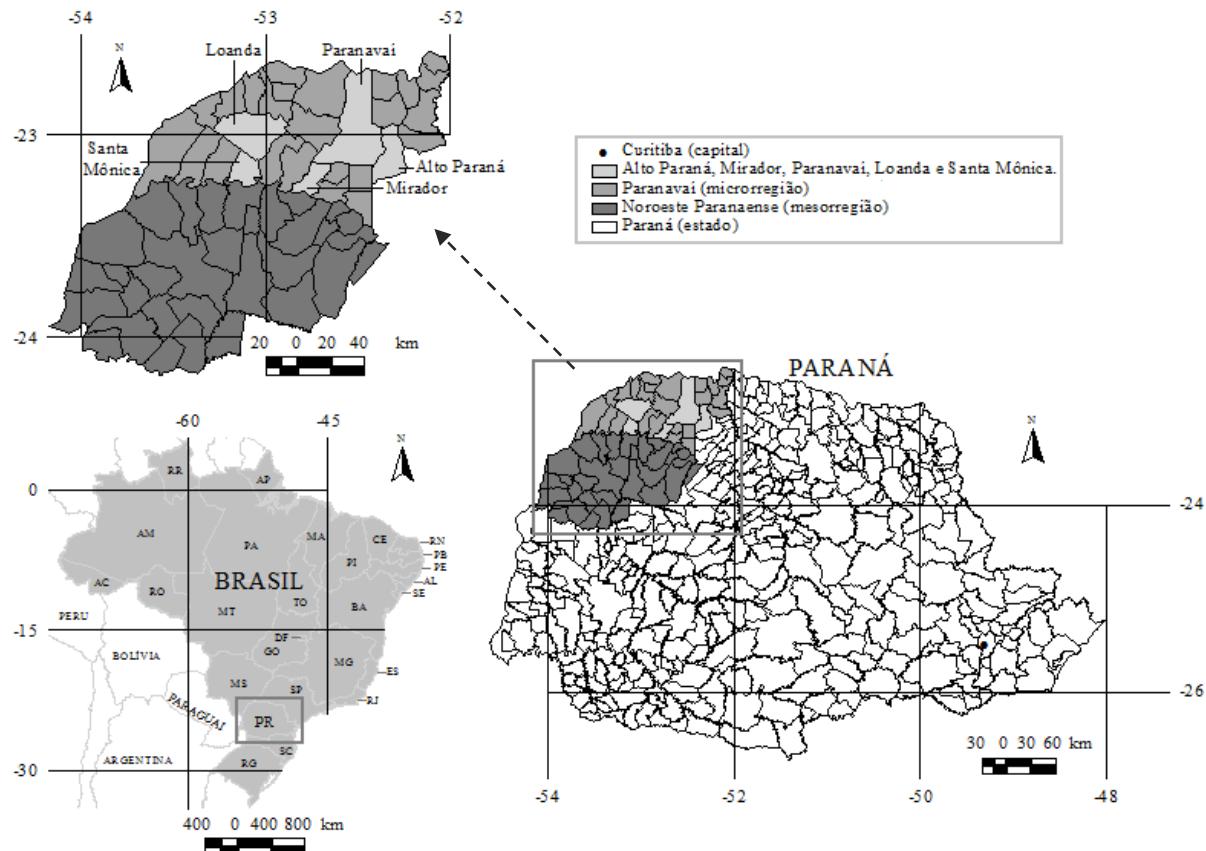
Tabela 2. Datas das imagens adquiridas para a pesquisa.

Mês/ano	2009	2010	2011
Março			16/03/2011
Abril			01-17/04/2011
Maio			03-19/05/2011
Junho			04/06/2011
Julho		03/07/2010	
Agosto		20/08/2010	
Setembro		05/09/2010	
Outubro	04/10/2009		
Novembro		08/11/2010	

Após a aquisição, as imagens foram georreferenciadas. Foram utilizados 40 pontos de controle espalhados homogeneousmente pela imagem, com erro da correção sempre abaixo de um pixel, ou 30 metros, procedimento realizado com o auxilio do módulo OrthoEngine do software PCI Geomatica V10. 1 (PCI, 2007). A base cartográfica de referencia para o procedimento de correção geométrica foi uma imagem ortorretificada do satélite Landsat 7 sensor ETM⁺ de 05 de dezembro de 2000, da órbita 223 e do ponto 76, produto obtido por *download* no *website* da NASA.

3.2. Área de estudo

A área de pesquisa é a mesorregião do Noroeste Paranaense, mais precisamente na microrregião de Paranavaí no estado do Paraná (Mapa 1). Os municípios selecionados para os trabalhos de campo foram: Alto Paraná, Mirador, Paranavaí, Loanda e Santa Mônica, todos inseridos na microrregião de Paranavaí.



Mapa 1. Localização da região pesquisada.

A maior parte das indústrias de amido de mandioca da região Noroeste Paranaense está instalada no município de Paranavaí, ou em municípios de sua microrregião. Paranavaí é o Município que mais produz mandioca no Estado do Paraná e muitas propriedades dos municípios próximos a Paranavaí oferecem matéria-prima para as indústrias. A mesorregião do Noroeste Paranaense é a principal região produtora de amido de mandioca do Brasil. Ela possui 62 municípios, 29 localizados na microrregião de Paranavaí.

3.3. Obtenção dos dados de campo

A pesquisa de campo foi dividida em duas etapas: verificação da possibilidade de uso das geotecnologias e automação da análise. Cada uma dessas partes foi abordada na forma de um artigo científico.

A verificação da possibilidade de uso de geotecnologias foi realizada em 3 fases, com a primeira que se concentrou no levantamento das informações iniciais sobre a cultura da mandioca, como a localização de algumas áreas de plantio e elaboração de uma chave de identificação. A segunda fase permitiu verificar a precisão das previsões realizadas e validar o uso da chave de identificação para estimativa da área plantada. Finalmente, a terceira etapa de pesquisa consistiu na avaliação da área de mandioca industrial em Mirador, Paranavaí e Santa

Mônica e comparação com os dados oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

3.3.1. Levantamento inicial de campo

Entre os dias 27 e 28 de julho de 2011 realizou-se o primeiro levantamento de campo com a finalidade de georreferenciar alguns cultivos de mandioca. No total foram georreferenciadas 12 áreas em cinco municípios: Alto Paraná (3), Mirador (1), Paranavaí (2), Loanda (2) e Santa Mônica (4). Os plantios de mandioca selecionados foram de várias fases de crescimento da planta, cultivos recém-plantados, de primeiro ciclo (10 a 12 meses de idade) e segundo ciclo (12 a 18 meses). O georreferenciamento foi executado por GPS de navegação de código aberto da marca Garmin modelo etrex VISTA HCx.

No levantamento de campo foram anotadas informações sobre as épocas de plantio e tipo de cultivo. Foram também fotografados os plantios. Todas essas informações ajudaram a produzir a chave de identificação dos plantios de mandioca por imagens Landsat 5 TM.

O *software* Quantum GIS 1.7.0-WORCLAW transformou as coordenadas do georreferenciamento em arquivos vetoriais na extensão *.shp*. Em seguida, os dados foram exportados para o *software* PCI Geomatica, no ambiente de visualização de processamento de dados espacial do módulo Geomatica Focus (PCI, 2007). Essa operação permitiu visualizar as imagens e ofereceu ferramentas de geoprocessamento para delimitação e identificação dos perímetros de cultivos de mandioca.

No *software* PCI Geomatica e no seu módulo Geomatica Focus (PCI, 2007) foi identificada a resposta espectral do plantio de mandioca ao longo do seu ciclo de desenvolvimento. Para essa identificação foram também utilizadas as nove imagens do sensor TM do satélite Landsat 5 descritas na Tabela 2.

3.3.2. Verificação da eficiência do levantamento

O levantamento inicial permitiu elaborar a chave de identificação. Para validação, essa chave foi aplicada nos cinco municípios onde foram levantadas as informações iniciais e realizado o georreferenciamento.

Antes de utilizar a chave de identificação para estimar a área plantada de mandioca industrial, é necessário verificar a precisão dos resultados. Para isso, foi decidido verificar no campo a precisão de algumas estimativas.

Por meio da chave de identificação, do *software* PCI Geomatica V10.1 e de seu módulo Geomatica Focus (PCI, 2007), foram classificadas 170 amostras, sendo 85 de plantios de

mandioca e 85 de áreas cultivadas com outras culturas. As 170 amostras foram selecionadas nos cinco municípios visitados no primeiro trabalho de campo, em Alto Paraná (62), Loanda (44), Mirador (12), Paranavaí (24) e Santa Mônica (28). Em cada município tomou-se o cuidado de identificar metade das áreas com mandioca e a outra metade com outro tipo de cultura. As áreas visitadas na primeira etapa da pesquisa foram excluídas da análise. As amostras foram selecionadas de forma a abranger toda a extensão dos municípios de modo homogêneo.

A pesquisa de campo para verificar a precisão das estimativas nas 170 amostras foi feita durante a primeira quinzena de novembro de 2011.

Para validar a chave de identificação e a estimativa de área foi criado o modelo de análise apresentado na Figura 4. Esse modelo considera o risco de identificar uma área como sendo ocupada por mandioca enquanto é de fato ocupada por outra cultura, pastagem ou floresta. Esse risco, que superestima a área plantada em mandioca, foi definido como erro β , ou erro de tipo II, em analogia com a linguagem adotada em estatística.

Outro risco avaliado, o erro α , ou erro de tipo I, foi considerado como o risco de estimar uma área plantada com mandioca como sendo ocupada por outra cultura. O erro α leva a subestimar a área real com mandioca.

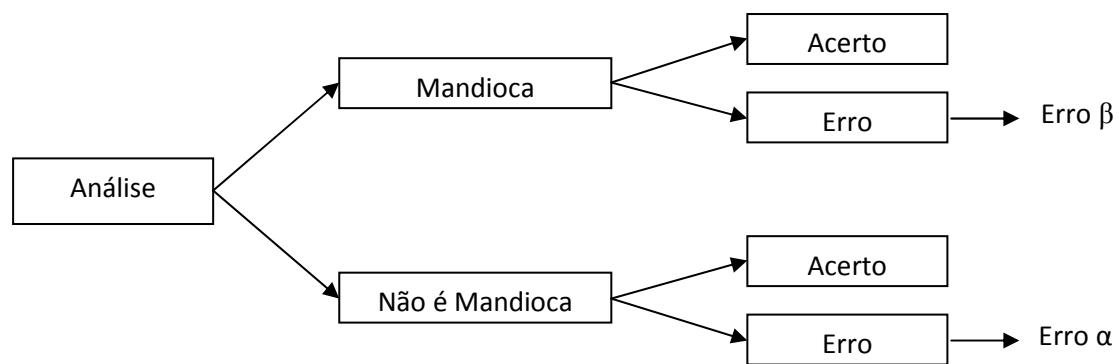


Figura 4. Modelo de análise utilizado para verificar a precisão da estimativa de área plantada com mandioca.

3.3.3. Estimativa da área de mandioca em três municípios da microrregião de Paranavaí

Entre os cinco municípios visitados no levantamento de campo, Paranavaí, Mirador e Santa Mônica foram selecionados para a realização de uma estimativa de área total de mandioca plantada.

No *software* PCI Geomatica V10.1 e no seu módulo Geomatica Focus (PCI, 2007) foram classificadas visual e manualmente as áreas de plantio da mandioca, trabalho que utilizou as ferramentas de seleção para delimitar os polígonos dos plantios de mandioca. As imagens do sensor TM/Landsat 5 foram utilizadas para aplicar a chave de classificação elaborada. Os resultados desta classificação foram comparados com os resultados de estimação do IBGE para os municípios avaliados³.

3.4. Automatização da análise

Após a comprovação da possibilidade de avaliar a área de mandioca de modo manual, foi decidido testar a possibilidade de automatizar o processo. O software PCI Geomatica V10.1 e seu módulo Focus (PCI, 2007) foram utilizados na pesquisa para verificar o potencial das imagens Landsat 5/TM na estimativa automática para safra da mandioca.

O primeiro passo foi o recorte da imagem do dia 04 de junho de 2011 no limite dos municípios envolvidos na pesquisa, Alto Paraná, Loanda, Mirador, Paranavaí e Santa Mônica, para facilitar o processamento da imagem. O segundo passo foi testar os diferentes classificadores automáticos, *K-Means*, *Fuzzy K-Means* e *Isodata*.

O *K-Means* (ou K-Médias, em português) agrupa os dados em K dimensões no espaço, onde K refere-se ao número de bandas espectrais e/ou imagens envolvidas (SCHOWENGERDT, 1983). O Isodata é igual ao *K-Means*, mas apresenta a opção de aumentar o número de classes, conforme a distância que a amostra apresente da média dos clusters, desde que seja maior que a classes existentes (JENSEN, 1996). No *Fuzzy K-Means* cada elemento está associado a uma função de pertinência que indica o grau de identidade do elemento com relação a um determinado grupo, consiste então em um agrupamento que se apresenta como uma extensão do algoritmo *K-Means* (ALBUQUERQUE, 2004).

Para validar os resultados das amostras selecionadas na classificação foram utilizados cultivos visitados e georreferenciados em trabalho de campo que ocorreu no segundo semestre de 2011 e utilizado para a avaliação manual.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da pesquisa são apresentados em dois artigos, o primeiro verificou a possibilidade de identificar de forma manual os plantios de mandioca, enquanto o segundo teve por finalidade a automatização da análise.

³ Informações pessoais fornecidas pelo IBGE - UNIDADE ESTADUAL DO PARANÁ.

4.1 Artigo I: Estimativa da área de mandioca industrial, por meio do sensor TM Landsat 5, na região de Paranavaí, PR

Resumo

O artigo apresenta a importância da aplicação das geotecnologias no setor de amido de mandioca, principalmente o sensoriamento remoto que deve ser utilizado para oferecer informações com o intuito de reduzir as incertezas no preço da mandioca industrial no Brasil. Pretendeu-se verificar a possibilidade de identificar áreas de mandioca produzidas no Paraná, na microrregião de Paranavaí, maior região brasileira de produção de fécula, por meio das imagens do sensor *Thematic Mapper* do satélite Landsat 5. Os resultados apresentaram uma acurácia superior a 95% na identificação de plantios de mandioca. Apesar da percentagem de acerto, os resultados obtidos foram muito diferentes daqueles do IBGE nos municípios pesquisados. A metodologia desenvolvida poderia ser utilizada no planejamento estratégico das empresas e no monitoramento da área plantada, com o objetivo de regular as variações de preço e de estabilizar o setor, permitindo um desenvolvimento mais sustentável da atividade.

4.1.1. Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta de origem da região amazônica brasileira, utilizada pelos índios. Após a chegada dos portugueses no Brasil, ela foi disseminada em outros continentes, principalmente a África e a Ásia. Segundo dados da FAO (FAOSTAT, 2012), em 2010 os principais países produtores de mandioca no mundo eram a Nigéria, a República Democrática do Congo, o Brasil, a Indonésia e a Tailândia. Os países produtores são localizados em área tropicais e subtropicais, em países considerados em desenvolvimento ou subdesenvolvidos (PEIXOTO, 1999; OTSUBO, 2004).

A mandioca não só é utilizada por milhões de pessoas na alimentação humana e animal, como também serve de matéria-prima em vários produtos e subprodutos. Os principais industriais são a farinha, consumida principalmente no Brasil e na África. A fécula ou amido, produzida essencialmente na Ásia, com a Tailândia como principal produtor, e no Brasil.

A produção nacional de fécula, ou amido, de mandioca ocorre essencialmente nos Estados da região Sudeste, Sul e Centro-Oeste. O Estado do Paraná é o principal produtor de fécula, com perto de 70% da produção, seguido do Mato Grosso do Sul e de São Paulo. A indústria de processamento de fécula de mandioca é mais moderna do que a de farinha. O amido é considerado uma *commodity* e o de mandioca é o principal exportado no mundo, com

dominação do produto oriundo da Tailândia, principal produtor e exportador mundial (VILPOUX, 2008).

Para Vilpoux (2010 e 2011), o gargalo principal do setor de amido de mandioca no Brasil é a instabilidade da oferta, que se traduz por grandes variações de preços. Para o autor, a instabilidade do setor afeta a rentabilidade das empresas e dos produtores. Períodos de grande produção, com preços baixos, desestimulam os produtores, enquanto períodos de falta de matéria-prima, com preços altos, prejudicam os mercados consumidores, com troca para produtos alternativos, principalmente amido de milho (FELIPE et al., 2010).

Goebel (2005) confirma essa situação e assevera que a quantidade de mandioca disponível é inconstante e na origem dos obstáculos em todo o setor. A solução para esse problema passa pelo aumento das informações disponíveis sobre cultivo de mandioca. O fornecimento de informações sobre a área plantada pode ajudar a planejar o plantio.

A previsão de safra no Brasil é feita através de estimativa anual da produção agrícola em escala nacional, usando questionários aplicados diretamente aos produtores ou às entidades relacionadas à atividade agrícola em cada região. A obtenção de dados confiáveis através dessa metodologia é difícil, lenta e onerosa e implica sempre um alto grau de subjetividade. A extensão e peculiaridades regionais e sazonais do território brasileiro podem introduzir erros suficientes nos resultados desse tipo de avaliação para invalidar seu uso (FONTANA et al., 2000).

Outra opção para a coleta de informações sobre a produção de matéria-prima agrícola é o uso de geotecnologias. O emprego das geotecnologias, essencialmente do Sensoriamento Remoto, do GPS e do Sistemas de Informações Geográficas (SIG) aplicados ao monitoramento de cultivos e a estimativa de safra e área, pode ser implantado com custo menor do que a realização de levantamento de campo. Essas tecnologias permitem o oferecimento de maior quantidade de informações, com possibilidade de dados de melhor qualidade.

A partir da importância das geotecnologias e da necessidade de estabilização do fornecimento de mandioca no setor fóculero brasileiro, a pesquisa tem por objetivo avaliar a aplicação das geotecnologias na identificação e estimativa de área plantada de mandioca industrial na microrregião de Paranavaí, no Paraná, maior região de produção de fécula do Brasil.

O uso das geotecnologias deverá permitir a previsão da falta ou excesso de matéria-prima na produção de mandioca durante a safra. O agricultor, ao tomar posse dessas informações, poderá ajustar sua produção, em função das previsões e das necessidades de mercado. As informações serão também úteis para a indústria planejar sua produção e incentivar os

produtores. O aumento de informações no setor de mandioca poderá assim reduzir as grandes variações periódicas dos preços da matéria-prima.

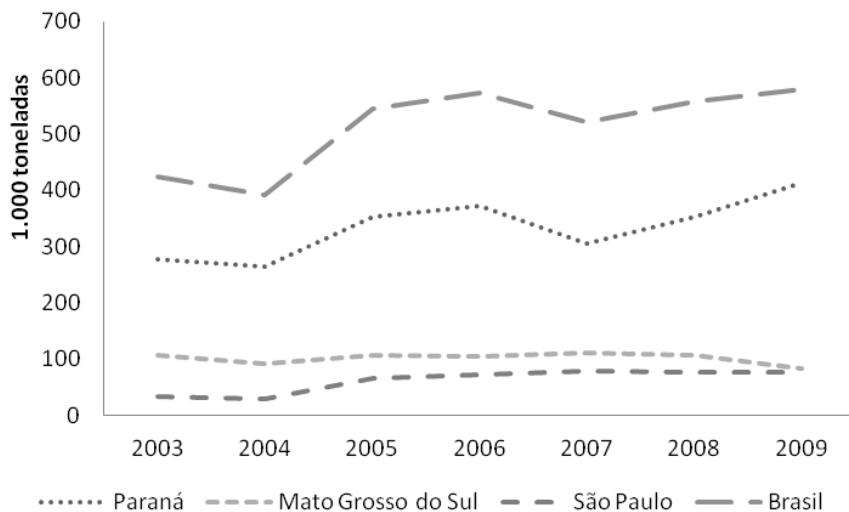
Após a introdução sobre a importância da pesquisa para o setor feculeiro brasileiro, apresenta-se a produção de fécula de mandioca e os impactos provocados pela incerteza no setor feculeiro. Na sequência, são identificados os tipos de uso de geotecnologias para o levantamento de área plantada e o que já foi aplicado no Brasil. A seguir é apresentada a metodologia empregada para estimar a área plantada com mandioca. Finalmente são abordados os resultados da aplicação de geotecnologias na avaliação da área plantada de mandioca e as considerações finais.

4.1.2. Produção de fécula de mandioca no Brasil

A mandioca é o tubérculo mais plantado no mundo tropical. Ela é parte essencial da dieta de mais de meio bilhão de pessoas e fornece um meio de subsistência para milhões de agricultores, processadores e comerciantes no mundo inteiro (AKINBO et al., 2010).

A mandioca é matéria prima para inúmeros produtos, incluindo farinha, ração animal, álcool, papel, têxteis, adoçantes, alimentos preparados e produtos biodegradáveis. Como a mandioca normalmente exige alguma forma de tratamento antes de ser consumida ou vendida, o processamento torna-se de importância central no futuro da cultura (IFAD, 2001). A utilização da mandioca como insumo industrial depende da sua disponibilidade e competitividade de preços em relação a produtos alternativos, como o milho (FAO, 2000).

A maior parte da produção de amido de mandioca no Brasil se concentra em três estados, Paraná, Mato Grosso do Sul e São Paulo (Figura 5). O Paraná lidera, com 71% da produção nacional, seguido do Mato Grosso do Sul, com 14% e São Paulo, 13% (ABAM, 2011).



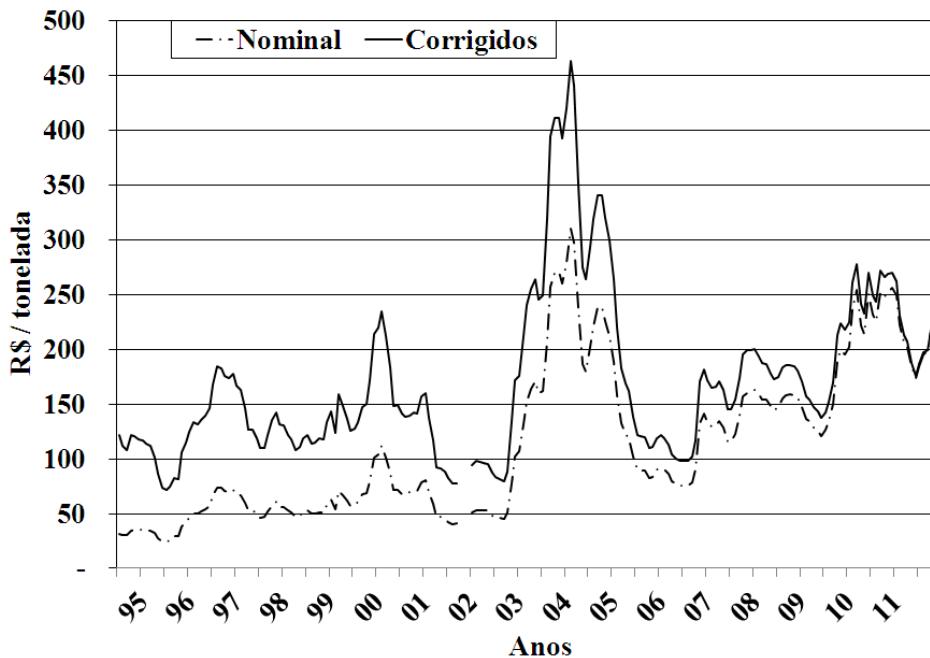
Fonte: ABAM (2011)

Figura 5. Evolução da produção de fécula de mandioca no Brasil e nos principais produtores, entre 2003 e 2009.

Na Figura 5 constata-se que a produção nacional de amido de mandioca possui a mesma evolução que no Estado do Paraná, o que se explica pela grande participação desse estado. Apesar de algumas iniciativas localizadas em outros estados, no início dos anos 2000, principalmente em Goiás, Pará, Minas Gerais e na região Nordeste, a produção de fécula de mandioca permanece localizada nos três Estados indicados na Figura 5.

O setor produtivo de mandioca no Brasil é marcado por fortes variações periódicas, influenciadas pela oferta de produto. Felipe et al. (2010) afirmam que o preço da mandioca no momento do plantio influencia diretamente a decisão sobre a quantidade de área a ser plantada para a safra seguinte. Segundo Vilpoux (2010), as variações anuais elevadas de preço acontecem devido à variação na área plantada, como resposta direta aos preços praticados. Picos de preços altos seguem os de baixos, em intervalo de 12 a 18 meses, tempo equivalente ao ciclo completo de produção da cultura (Figura 6).

A origem da incerteza na indústria de fécula está no ambiente econômico e na vicissitude nos preços do amido de mandioca e de raízes. A oscilação dos preços cria uma percepção de incerteza, com dificuldade em definir os preços futuros. Essa incerteza estimula o comportamento oportunista dos agentes, com a compra pela indústria da matéria-prima contratada por outra empresa (NOGUEIRA, 1999).



Fonte: Vilpoux (2006) e CEPEA (2011).

Figura 6. Evolução dos preços médios a vista da mandioca paga aos produtores, entre julho de 1994 e Outubro de 2011, nos estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul.

O produtor decide se planta ou não conforme o valor pago no momento do plantio. Ou seja, o plantio é maior nos períodos de preço alto e reduz com vigor depois da queda dos preços (VILPOUX, 2008).

O custo de produção da fécula é afetado principalmente pelo segmento agrícola, que responde pelo fornecimento de matéria-prima. A importância da mandioca para as indústrias faz com que todos os elos da cadeia tendem a sofrer com a instabilidade na oferta de matéria-prima, inviabilizando assim a competição no mercado de amido (CARDOSO e BARROS, 2004).

A origem da instabilidade nos preços é devida principalmente a relações inadequadas entre produtores e indústrias. Essa instabilidade foi definida por Cardoso (2003) como um dos principais obstáculos à competição e ao desenvolvimento da cadeia nos mercados internos e externos.

A mandioca é um produto perecível, com alto teor de umidade, o que dificulta a compra pela indústria de matéria-prima numa distância maior do que 50 km (VILPOUX, 2006). Logo, estimativas de área poderão monitorar toda uma região de produção de mandioca para uma indústria, ou para uma entidade que represente o setor e, por meio das estimativas, facilitar o planejamento da produção, evitando prejuízos futuros. A redução da incerteza é um dos fatores essenciais para ter sucesso na gestão empresarial. Esta é alcançada pela obtenção de

maior quantidade de informações sobre o ambiente no qual o setor está inserido (NOGUEIRA, 1999).

O contrato não é utilizado pelos produtores, pois estes acreditam que no futuro poderão ter prejuízos caso ficassem presos a um documento que limite sua liberdade de ação. Existe uma grande quantidade de fecularias próxima à maioria dos produtores e estes aproveitam para negociar o melhor preço na comercialização (RINALDI et al., 2005). Do lado dos empresários, a utilização de contrato também é rara, principalmente devido à insegurança na definição dos preços futuros, tanto para a fécula como para as raízes da mandioca (NOGUEIRA, 1999).

A dificuldade para harmonizar as relações entre produtores e feculeiros possui outro agravante, a falta de instrumentos para enfrentar a assimetria de informações de preços. Para Cardoso (2003), a assimetria de informação com relação aos preços pode ser reduzida ou eliminada adotando um sistema de informação sobre indicadores de preços, investindo também em informações sobre estimativas de área e de quantidades transacionadas nos mercados físicos regionais. As instituições públicas são quem melhor poderiam gerenciar essa articulação cooperativa.

4.1.3. Uso de geotecnologias para levantamento de áreas plantadas

A coleta de informações sobre culturas agrícolas por meio de tecnologias espaciais se intensificou nos últimos anos. As técnicas de geoprocessamento e os *softwares* de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) permitiram a obtenção de informações mais detalhadas sobre diferentes culturas. Por exemplo, o GPS (*Global Positioning System*) é utilizado no levantamento de campo para georreferenciar o plantio, assim como em máquinas agrícolas na agricultura de precisão, enquanto as imagens de satélites oferecem informações sobre o desenvolvimento do cultivo e estimativas de área.

4.1.3.1. As geotecnologias

O conceito de geotecnologias é utilizado para englobar todas as tecnologias e técnicas digitais de obtenção de informações do espaço geográfico. Um dos componentes mais conhecido é o geoprocessamento/geomática, mas existem outros componentes para o conceito, como as imagens de sensoriamento remoto, os sistemas de informações geográficas, o GPS, a agricultura de precisão e a cartografia digital.

O geoprocessamento é o ramo do conhecimento que faz uso das técnicas matemáticas e computacionais para tratamento de informações geográficas. Essa tecnologia possui custo

relativamente baixo e seu potencial ainda pode ser somado ao fato do conhecimento ser adquirido localmente. Os SIGs são os instrumentos computacionais do Geoprocessamento que permitem realizar análises complexas ao incorporar dados de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados (CÂMARA e MEDEIROS, 1998)

Os SIGs são aplicados para diversas finalidades, principalmente no monitoramento de safras agrícolas. Eles permitem manipular dados extensos, de grande volume e possuidores de estruturas e inter-relacionamentos complexos (RAMIREZ e SOUZA, 2007). Para Câmara e Medeiros (1998) um SIG armazena a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados. Para aproveitar um SIG existem no mínimo três grandes formas de utilização: como ferramenta para produção de mapas; como suporte para análise espacial de fenômenos; como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação da informação.

Burrough (1986) define o SIG como um “conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real”. A integração de vários tipos de dados em SIG permite alto potencial para ser explorado por equipe multidisciplinar. Assim, um SIG com dados socioeconômicos, ambientais, urbanos, agrários, entre outros, possibilita o trabalho de inúmeros profissionais como geógrafos, economistas, administradores, engenheiros.

A integração do sensoriamento remoto e de Sistemas de Informações Geográficas proporciona ferramentas eficientes, com dados e resultados de boa qualidade, para pesquisas e monitoramento de áreas (EIUMNOH e SHRESTHA, 1999).

O GPS (*Global Positioning System*) é um sistema de radionavegação desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos com objetivo de ser o principal sistema de navegação das Forças Armadas norte-americanas. Em razão da acurácia oferecida e do grande desenvolvimento das tecnologias envolvidas nos receptores GPS, aumentou o numero de usuários em todos os segmentos da comunidade civil (agricultura, controle de frotas, navegação, posicionamento geodésico, etc.). O sistema GPS permite ao usuário, localizado em qualquer ponto na superfície terrestre, ou próximo a esta, na condição de ter a disposição quatro satélites, obter seu posicionamento em tempo real (MONICO, 2008).

O sistema GPS pertence ao GNSS (*Global Navigation Satellite System*) que também integra os sistemas GLONASS (*Global Orbiting Navigation Satellite System*) de origem russa, Galileo (*European Satellite navigation System*) de origem europeia e o sistema da China, o Compass ou Beidou-2. Monico (2008) acredita que o uso integrado desses sistemas deverá revolucionar ainda mais todas as atividades que necessitam de posicionamento.

No âmbito da Tecnologia Espacial, o conceito de Sensoriamento Remoto significa, segundo Novo (2008, p. 4):

“... a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que compõem em suas mais diversas manifestações”.

O sensoriamento remoto na agricultura é utilizado em diversas aplicações, por exemplo, monitoramento agrícola, condição das culturas, previsão de safras, erosão de solos, agricultura de precisão, índice de área foliar e em inúmeras outras aplicações. Para Sanches et al. (2005), o sensoriamento remoto constitui uma ferramenta de grande contribuição para o monitoramento da atividade.

A disponibilidade de informações confiáveis sobre os tipos de culturas instaladas, área plantada e distribuição espacial dentro de uma determinada região, é fundamental na tomada de decisões para o planejamento, definição de prioridades e liberação de financiamento pelos setores públicos ou privados envolvidos na agricultura. Tais informações podem ser obtidas através de métodos convencionais, envolvendo questionários aplicados diretamente aos produtores, ou através da utilização de dados de Sensoriamento Remoto (SANO et al., 1998). O custo de aplicar questionários diretamente aos produtores é alto e muitas vezes não gera dados confiáveis. Por essa razão, os métodos convencionais são substituídos, cada vez que possível, pelo uso de Sensoriamento Remoto.

4.1.3.2. Uso de geotecnologias para levantamento de área e seguimento de produção

A agricultura é a grande beneficiária das geotecnologias, essencialmente através a agricultura de precisão, que consiste no manejo estratégico de cultivos agrícolas com a aplicação de informação tecnológica e conhecimento agronômico. A agricultura de precisão trabalha com grande quantidade de dados que são coletados e tratados visando o desenvolvimento do poder de decisão (SANTOS et al., 2001).

O uso das geotecnologias pode ser também aplicado em outras áreas agronômicas, tal como o levantamento de culturas agrícolas. Um sistema para estimativa da área plantada da cultura de soja por meio das geotecnologias foi desenvolvido e testado no estado do Rio Grande do Sul por Rizzi e Rudorff (2005). Esse sistema utilizou um método de classificação digital por interpretação visual das imagens, com base no comportamento espectro-temporal do plantio. A estimativa da área plantada de soja foi comparada com as estatísticas oficiais fornecidas

pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As maiores diferenças relativas foram observadas em municípios em que a cultura possuía pouca expressão, embora as maiores diferenças absolutas fossem observadas em municípios onde a área plantada com soja era bastante expressiva (acima de 10.000 ha). Em nível estadual foi observada uma diferença de 11,3% entre as estimativas do IBGE (2.773.498 ha) e das imagens Landsat (2.492.880 ha). Rizzi e Rudorff (2005) concluíram que as imagens do satélite Landsat 5 podiam ser utilizadas para o correto mapeamento da soja e auxiliar na melhoria das estatísticas agrícolas oficiais.

Adami et al. (2005) desenvolveram um método para estimar as áreas plantadas de café, milho e soja na cidade de Cornélio Procópio, no Estado do Paraná. Os autores utilizaram imagens de sensoriamento remoto, procedimentos de classificação de imagens, SIG e GPS. A comparação entre os resultados da pesquisa e as estimativas oficiais indicou que as melhores estimativas foram para a cultura da soja, que ocupava 32,1% da região. A estimativa da área de soja teve uma diferença de 5,9% em relação à estimativa oficial.

Cirani e Moraes (2011) investigaram o processo de adoção e uso das tecnologias de agricultura de precisão na indústria sucroalcooleira do estado de São Paulo. Nos resultados é possível encontrar algumas geotecnologias entre as tecnologias adotadas, tais como o uso de imagens de satélite, com 76% de adoção, as fotografias aéreas, com 33% e amostragem de solo em grade (com GPS), tecnologia adotada por 31% das empresas pesquisadas.

Rudorff et al. (2004a) mapearam as lavouras de cana-de-açúcar por meio de imagens de satélites de sensoriamento remoto, em escala municipal para todo o estado de São Paulo para a safra 2003/2004 e as de cana planta para a safra 2004/2005. O resultado geral da classificação mostrou que o estado de São Paulo tem 3,09 milhões de hectares de cana, o que equivale a cerca de 12,5% da área total do estado.

Na literatura internacional alguns trabalhos fizeram uso das geotecnologias com plantio de mandioca. Chao et al. (2007) avaliaram o potencial do plantio da mandioca, por meio do sistema de informação geográfica (SIG) e do sensoriamento remoto. Outros autores também utilizaram geotecnologias. Eiumnoh e Shrestha (1999) realizaram um estudo sobre área de mandioca e avaliação da produção. Essa pesquisa foi realizada na região nordeste da Tailândia, usando um sistema integrado de sensoriamento remoto e de Sistema de Informações Geográficas (SIG). O objetivo do estudo foi explorar o uso da NOAA-AVHRR para mapeamento de áreas de plantação de mandioca. O estudo foi realizado para a safra de dois anos, 1995 e 1996 e indicou que os dados NOAA-AVHRR podem ser utilizados para mapear o áreas de plantio de mandioca em escala regional na Tailândia.

4.1.4. Metodologia

A técnica utilizada visa identificar a área plantada de mandioca industrial, na microrregião de Paranavaí, por meio de imagens do sensor TM/Landsat 5.

4.1.4.1. Geotecnologias utilizadas

As imagens empregadas para identificar os plantios de mandioca são multiespectrais, do sensor TM do satélite Landsat 5 (*Land Remote Sensing Satellite*). O satélite Landsat 5, lançado em 1984, possui a bordo, o sensor TM (*Thematic Mapper*) de resolução espacial de 30 metros, altura de órbita 705 km, largura de faixa imageadora de 185 km e 16 dias de duração do ciclo de cobertura para recobrimento da superfície. O satélite pertence ao Programa Landsat, composto de um conjunto de 7 satélites desenvolvidos e lançados pela *National Aeronautics and Space Administration - NASA* (NOVO, 2008). Na tabela 03 são apresentadas as principais características do sensor TM do satélite Landsat 5.

Tabela 3. Principais características sensor *Thematic Mapper* (TM) do satélite Landsat 5.

Número da Banda	Intervalo e Comprimento de Onda (μm)	Resposta Espectral	Resolução Espacial (m)	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
1	0.45 - 0.52	Azul-Verde	30			
2	0.52 - 0.60	Verde	30			
3	0.63 - 0.69	Vermelho	30			
4	0.76 - 0.90	Infravermelho Próximo	30			
5	1.55 - 1.75	Infravermelho Médio	30	16 dias	185 x 185 km	8 bits
6	10.40 - 12.50	Infravermelho Termal	120			
7	2.08 - 2.35	Infravermelho Médio	30			

Fonte: Embrapa (2011) e Short (2011).

As imagens do sensor TM do satélite Landsat 5 utilizadas foram obtidas no *website* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para execução da pesquisa foram necessárias 11 imagens, correspondentes da órbita 223 e do ponto 76, obtidas nos anos de 2009, 2010 e 2011 (Tabela 04). Para pesquisa foram utilizadas todas as bandas, com exceção da banda seis do infravermelho termal. As imagens compostas possuem seis bandas e no processo de identificação dos plantios foram utilizadas composições coloridas. No final, optou-se por criar a chave de identificação apenas com a banda quatro do infravermelho próximo.

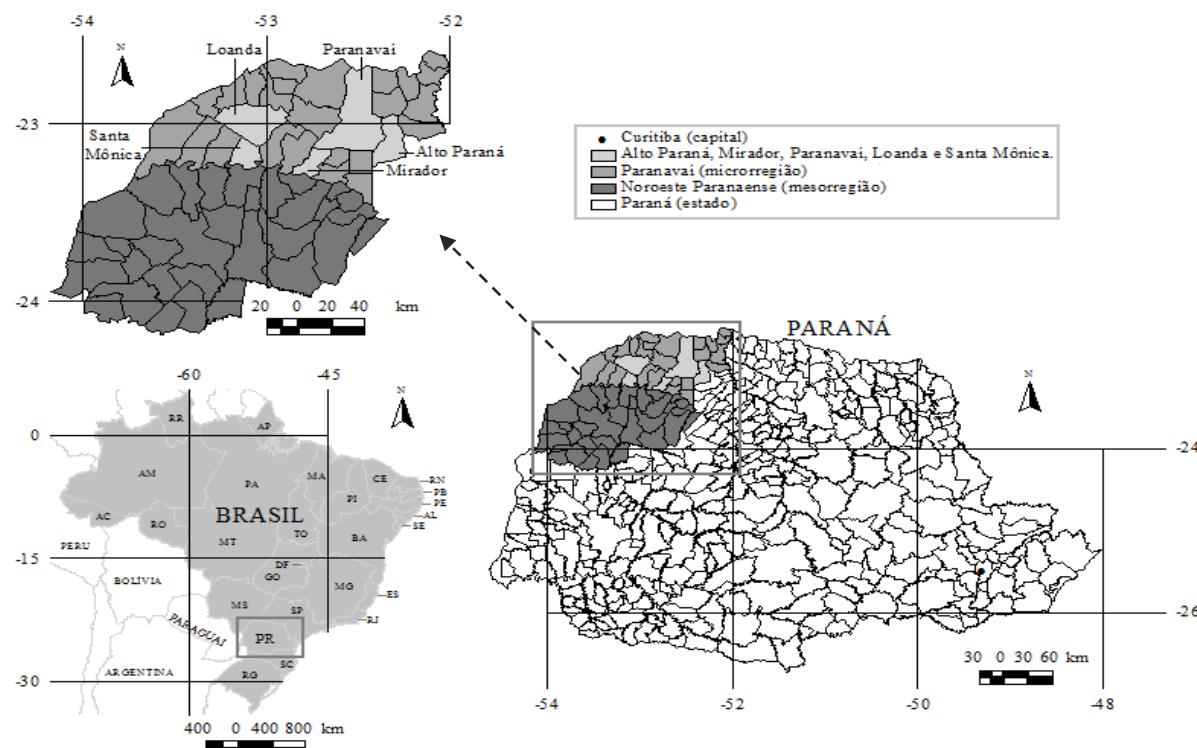
Tabela 4. Datas das imagens adquiridas para a pesquisa.

Mês/ano	2009	2010	2011
Março			16/03/2011
Abril			01-17/04/2011
Maio			03-19/05/2011
Junho			04/06/2011
Julho		03/07/2010	
Agosto		20/08/2010	
Setembro		05/09/2010	
Outubro	04/10/2009		
Novembro		08/11/2010	

Após a aquisição das imagens, as mesmas foram corrigidas geometricamente. Foram utilizados 40 pontos de controle espalhados homogeneousmente pela imagem, com erro da correção sempre abaixo de um pixel, ou 30 metros, procedimento realizado com o auxílio do módulo OrthoEngine do software PCI Geomatica V10. 1 (PCI, 2007). A base cartográfica de referencia para o procedimento de correção geométrica foi uma imagem ortorretificada do satélite Landsat 7 sensor ETM⁺ de 05 de dezembro de 2000, da órbita 223 e do ponto 76, produto obtido por *download* no *website* da NASA.

4.1.4.2. Território de pesquisa

O território de pesquisa foi a microrregião de Paranavaí no Estado do Paraná (Mapa 2). Os municípios selecionados para os trabalhos de campo foram: Alto Paraná, Mirador, Paranavaí, Loanda e Santa Mônica, todos inseridos na microrregião de Paranavaí.



Mapa 2. Localização da região pesquisada.

A maior parte das indústrias de amido de mandioca da região Noroeste Paranaense está instalada no município de Paranavaí ou em municípios de sua microrregião. Paranavaí é o município que mais produz mandioca no estado do Paraná e muitas propriedades dos municípios próximos a Paranavaí oferecem matéria-prima para as indústrias. A mesorregião do Noroeste Paranaense é a principal região produtora de amido de mandioca do estado do Paraná e, em consequência, do Brasil. Ela possui 62 municípios, 29 localizados na microrregião de Paranavaí.

4.1.4.3. Avaliação da área cultivada com mandioca

A avaliação da área plantada em mandioca na região de Paranavaí foi dividida em três etapas, começando com a localização de algumas áreas de plantio e elaboração de uma chave de identificação. A segunda fase permitiu verificar a precisão das previsões realizadas e validar o uso da chave de identificação para estimativa da área plantada. Finalmente, a terceira etapa de pesquisa consistiu na avaliação da área de mandioca industrial em Mirador, Paranavaí e Santa Mônica e comparação com os dados oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

- Levantamento inicial de campo**

Entre os dias 27 e 28 de julho de 2011 realizou-se o primeiro levantamento de campo com a finalidade de georreferenciar alguns cultivos de mandioca com diferentes datas de plantio. No total foram georreferenciadas 12 áreas em cinco municípios: Alto Paraná (3), Mirador (1), Paranavaí (2), Loanda (2) e Santa Mônica (4). Os plantios de mandioca selecionados foram de várias fases de crescimento da planta, cultivos recém-plantados, de primeiro ciclo (10 a 12 meses de idade) e segundo ciclo (12 a 18 meses). O georreferenciamento foi executado por GPS de código aberto da marca Garmin modelo etrex VISTA HCx.

No levantamento de campo foram anotadas informações sobre as épocas de plantio e tipo de cultivo. Foram também fotografados os plantios. Todas essas informações ajudaram a produzir a chave de identificação dos plantios de mandioca por imagens de satélite do Landsat 5 TM.

O *software* Quantum GIS 1.7.0-Wroclaw transformou as coordenadas do georreferenciamento em arquivos vetoriais na extensão *.shp*. Em seguida, os dados foram exportados para o *software* PCI Geomatica V10.1, no ambiente de visualização de processamento de dados

espacial do módulo Geomatica Focus (PCI, 2007). Essa operação permitiu visualizar as imagens e ofereceu ferramentas de geoprocessamento para delimitação e identificação dos perímetros de cultivos de mandioca.

No *software* PCI Geomatica V10.1 e no seu módulo Geomatica Focus (PCI, 2007) foi identificada a resposta espectral do plantio de mandioca ao longo do seu ciclo de desenvolvimento. Para essa identificação foram utilizadas as nove imagens do sensor TM do satélite Landsat 5 descritas na Tabela 4.

- **Verificação da eficiência do levantamento**

O levantamento inicial permitiu elaborar a chave de identificação. Antes de utilizar essa chave para estimar a área plantada de mandioca industrial, é necessário verificar a precisão dos resultados. Para isso, foi decidido verificar no campo a precisão das estimativas. A pesquisa de campo para verificar a precisão das estimativas nas 170 amostras foi feita durante a primeira quinzena de novembro de 2011.

Por meio da chave de identificação, do *software* PCI Geomatica V10.1 e de seu módulo Geomatica Focus (PCI, 2007) foram classificadas 170 amostras, sendo 85 de plantio de mandioca e 85 de áreas cultivadas com outras culturas. As 170 amostras foram selecionadas nos cinco municípios visitados no primeiro trabalho de campo, Alto Paraná (62), Loanda (44), Mirador (12), Paranavaí (24) e Santa Mônica (28). Em cada município tomou-se o cuidado de identificar metade das áreas com mandioca e a outra metade com outro tipo de cultura. As áreas visitadas na primeira etapa da pesquisa foram excluídas da análise. As amostras foram selecionadas de forma em abranger toda a extensão dos municípios de modo homogêneo.

Para validar a chave de identificação e a estimativa de área foi criado o modelo de análise apresentado na Figura 7. Esse modelo considera o risco de identificar uma área como sendo ocupada por mandioca enquanto é de fato ocupada por outra cultura, pastagem ou floresta. Esse risco, que superestima a área plantada em mandioca, foi definido como erro β , ou erro de tipo II, em analogia com a linguagem adotada em estatística. Outro risco avaliado, o erro α , ou erro de tipo I, foi considerado como o risco de estimar uma área plantada com mandioca como sendo ocupada por outra cultura. O erro α leva a subestimar a área real com mandioca.

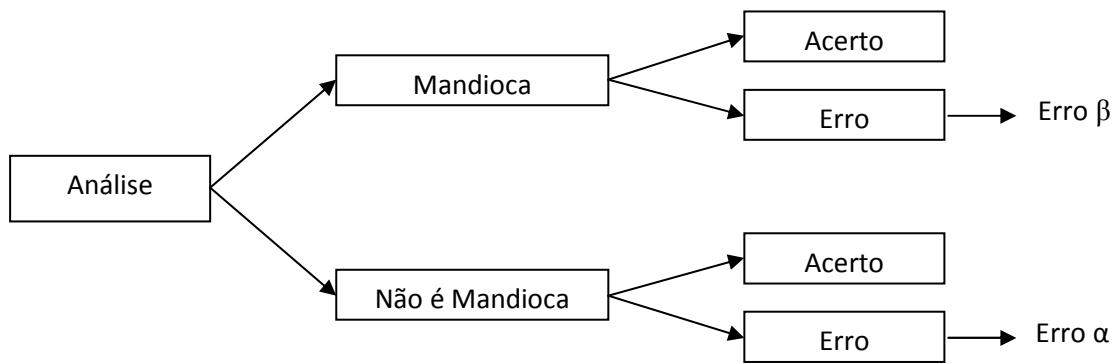


Figura 7. Modelo de análise utilizado para verificar a precisão da estimativa de área plantada com mandioca.

- **Estimativa da área de mandioca em três municípios da microrregião de Paranavaí**

Entre os cinco municípios visitados no levantamento de campo, três deles, Paranavaí, Mirador e Santa Mônica, foram selecionados para a realização de uma estimativa de área total de mandioca plantada.

A partir do *software* PCI Geomatica V10.1 e de seu módulo Geomatica Focus (PCI, 2007), foram classificadas visual e manualmente as áreas de plantio da mandioca, trabalho que utilizou as ferramentas de seleção para delimitar os polígonos dos plantios de mandioca. As imagens do sensor TM/Landsat 5 foram utilizadas para aplicar a chave de classificação elaborada. Os resultados desta classificação foram comparados com os resultados de estimativa do IBGE para os municípios avaliados.

4.1.5. Resultados

Esse tópico apresenta os resultados da pesquisa e mostra, num primeiro tempo, a chave de identificação desenvolvida para classificação da mandioca. Em seguido são apresentados os resultados da validação da chave de classificação em campo e, por fim, as estimativas de área geradas pela pesquisa e a comparação com os dados do IBGE.

4.1.5.1. Elaboração da chave de identificação

A chave de identificação desenvolvida permite identificar as áreas plantadas com mandioca. Como a cultura possui cores diferentes em função da fase de desenvolvimento, foi necessário

diferenciar os plantios de mandioca entre primeiro e segundo ciclo e as áreas recém plantadas (Mapa 3).

A primeira classe (Mapa 3 a) é referente à mandioca de primeiro ciclo na banda individual TM 4 que representa o infravermelho próximo. Ela se apresenta em cinza médio e em algumas partes cinza escuro. A segunda classe (Mapa 3 b) é a mandioca de segundo ciclo, que é identificada na cor cinza escuro uniforme e sem rugosidade na sua forma. A terceira classe (Mapa 3 c) é um plantio de mandioca com menos de quatro meses. Esse plantio pode ser identificado na cor escura.



Banda TM4 na resolução de 30m x 30m.

Legenda: a) cultivo de mandioca de primeiro ciclo, b) cultivo de mandioca de segundo ciclo e c) plantio de mandioca com menos de quatro meses.

Mapa 3: Banda individual da imagem TM/Landsat de uma porção dos municípios de Santa Mônica e de Loanda no Estado do Paraná, obtida em 04 de junho de 2011.

Para facilitar a análise, as áreas de mandioca foram agrupadas, independentemente da idade da cultura.

A análise permitiu a identificação de áreas acima de dois hectares. Essa limitação não prejudica a análise, pois as áreas menores de mandioca plantadas na região são de um alqueire, ou seja, 2,4 ha.

4.1.5.2. Verificação da eficiência da chave de identificação

Após a elaboração da chave de identificação, foi realizada a verificação das estimativas, conforme abordado na Metodologia. Os resultados estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Verificação da eficiência das estimativas feitas a partir da chave de identificação.

Municípios	Nº de amostras	Amostras realmente com mandioca	Erro β (%)	Amostras realmente sem mandioca	Erro α (%)
Alto Paraná	31	30	3,2	30	3,23
Loanda	22	20	9,1	22	0,0
Mirador	6	6	0,0	6	0,0
Paranavaí	12	11	8,3	12	0,0
Santa Mônica	14	14	0,0	14	0,0
	85	81	4,7	84	1,2

O erro de superestimação da área plantada, ou erro β , foi na média de 4,7%, o que pode ser considerado como muito baixo. No total, uma área no Município de Alto Paraná, outra em Paranavaí e duas em Loanda foram consideradas erroneamente como sendo ocupadas por mandioca.

Os resultados do modelo de análise para o erro α , que subestima a avaliação, foram ainda mais satisfatórios, com apenas uma área em Alto Paraná que tinha mandioca e foi considerada como ocupada por outra cultura.

Como os dois tipos de erro possuem efeitos opostos, eles tendem em se neutralizar. Assim, a subestimação de 1,2% permite reduzir a superestimação calculada, com um resultado final que superestima a realidade numa percentagem inferior a 4,7%. Para efeito de cálculo, o erro final foi obtido da subtração do erro α ao erro β , ou seja, 3,5%.

O tamanho médio das áreas plantadas com mandioca em hectares, a partir das amostras selecionadas e confirmadas de mandioca, foi de 38,85 ha no município de Loanda; 46,83 em Alto Paraná; 49,70 em Mirador; 69,57 em Paranavaí e 118,15 em Santa Mônica. A média geral de área plantada com mandioca foi de 64,69 hectares.

4.1.5.3. Estimativa da área total plantada com mandioca em três municípios na microrregião de Paranavaí

A estimativa de área total plantada com mandioca para os municípios de Mirador, Paranavaí e Santa Mônica apresentou respectivamente os seguintes resultados 579,8; 3153,6 e 2082,5 ha. Em junho de 2011, as estimativas de área plantada pelo IBGE apresentaram os valores respectivos para os mesmos municípios de 1261, 5490 e 1700 ha, conforme indicado no Tabela 6. Em Mirador e Paranavaí a análise por georreferenciamento subestimou a área

plantada em mandioca, em relação aos dados do IBGE⁴, em 54 e 43%. Em Santa Mônica ocorreu uma superestimação em 22%.

Tabela 6. Comparação das áreas estimadas por geotecnologias com as estimativas do IBGE, no ano de 2011.

Municípios	Comparação (ha)		Área Medida / IBGE (%)
	Área medida	Área estimada (IBGE)	
Mirador	580	1261	- 54
Paranavaí	3154	5490	- 43
Santa Mônica	2082	1700	+ 22

O levantamento da Produção Agrícola Municipal (PAM) fornece informações sobre as áreas de lavouras, produção obtida, rendimento médio e valor da produção para 29 produtos agrícolas de culturas temporárias e 33 de culturas permanentes, em nível de municípios, microrregiões, mesorregiões, Unidades da Federação, Grandes Regiões e Brasil. A coleta de informações é realizada por intermédio da aplicação de um questionário em cada município do País. O preenchimento é feito pelo agente de coleta do IBGE. As estimativas realizadas pelos agentes resultam de contatos que os mesmos mantêm com técnicos do setor agrícola, com grandes produtores, ou pelo conhecimento que os agentes possuem sobre as atividades agrícolas da sua área de atuação (IBGE, 2002).

A diferença entre o resultado da pesquisa, através de geotecnologias e os resultados do PAM justifica-se pelas diferenças entre os métodos realizados para levantar informações entre os agentes do IBGE e a estimativa extraída das imagens do sensor TM/Landsat.

No caso da mandioca, a grande quantidade de produtores e a grande variação de área plantada de um ano para outro dificulta a obtenção de informação detalhada sobre a produção a partir de um levantamento de campo, como realizado pelo IBGE.

As imagens do sensor TM/Landsat 5 são informações reais, regulares e que necessitam de um analista experiente para interpretação. As imagens de satélites permitem verificar toda a extensão municipal, com um custo reduzido e possibilidade de atualização mensal.

⁴ Informações pessoais fornecidas pelo IBGE - UNIDADE ESTADUAL DO PARANÁ.

4.1.6. Considerações finais

A pesquisa comprovou a possibilidade de utilizar imagens de satélites do sensor TM/Landsat 5 para estimar a área plantada em mandioca e oferecer informações com precisão. Os dados da pesquisa possuem precisão acima de 95 %.

As imagens do sensor TM/Landsat 5 poderiam ser utilizadas para estimar a área de mandioca e melhorar as informações fornecidas ao setor, conforme já sugerido por Rizzi e Rudorff (2005) para um correto mapeamento da soja.

Os resultados obtidos nessa pesquisa deverão ser complementados para maximizar o potencial desse recurso, como a automatização da análise realizada por classificação semi-automática ou classificação automática. A classificação manual pode ser aplicada em alguns municípios ou porção territorial, mas a aplicação em escala territorial maior, como o Estado do Paraná, torna a avaliação muito demorada. Numa aplicação mais ampla, é inevitável aplicar a chave de identificação de mandioca desenvolvida neste trabalho em modelos de classificações semi-automático e automático.

As indústrias feculeiras podem utilizar a classificação manual para levantar informações essenciais para suas transações comerciais, como a quantidade de áreas disponíveis, o período e a localização de plantio, entre outras informações. Esses dados oferecerão para as empresas informações para antecipar a safra e corrigir futuras distorções.

A aplicação desta pesquisa poderá trazer um impacto para a agricultura familiar, principalmente os produtores de mandioca industrial com áreas superiores a 2,5 ha., localizados essencialmente nos Estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul. As informações de safra favorecem a estabilidade do setor e facilitam o planejamento dos produtores. No entanto, é importante verificar a boa divulgação das informações de estimativa de safra e cuidar para os dados não ficar nas mãos das empresas que poderiam se beneficiar de informações privilegiadas para manipular os preços.

O uso das imagens de satélites como as do sensor TM/Landsat 5 poderá ser inviável para regiões brasileiras onde as áreas cultivadas com mandioca são inferiores a um hectare, como no Norte e Nordeste, principais regiões produtores de mandioca no país, com destino essencialmente para produção de farinha. Os resultados da pesquisa indicam uma boa identificação com plantios acima de dois hectares.

Seria interessante testar também essa metodologia em outras regiões produtoras de mandioca industrial para feculárias, como o Oeste do Estado do Paraná, o Sul do Mato Grosso do Sul e o Sudeste do Estado de São Paulo. Essas regiões possuem perfis diferentes da região de Paranavaí, com outras variedades e perfil diferentes de agricultura, essencialmente no Oeste

Paraná, com menos áreas de pastagem e maior importância da agricultura realizada em pequenas explorações familiares. No entanto, essas produções são importantes e podem influenciar os preços das empresas em Paranavaí. Uma previsão completa da produção de mandioca para o setor de fécula depende de uma previsão eficiente em todas essas regiões.

4.1.7 Agradecimentos

Os autores agradecem a Paulo Boni, da Yoki Alimentos S/A e a Vanderlei Colussi, da Agroindustrial Paranaense de Polvilho Ltda., pelo apoio nos levantamentos de campo.

4.1.8 Referencias bibliográficas

ABAM. Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca. **Produção Brasileira de Amido - Por Estado.** Paranavaí, 2011. Disponível em: <www.abam.com.br>. Acesso em: 01 Nov. 11.

ADAMI, M.; MOREIRA, M.A.; RUDORFF, B.F.T.; FREITAS, C. da C.; FARIA, R.T. de. Expansão direta na estimativa de culturas agrícolas por meio de segmentos regulares. **Revista Brasileira de Cartografia**, Brasília, v.1, n.57. p.22-27, abr 2005. Disponível em: <<http://lsie.unb.br/index.php/rbc/article/view/147/131>>. Acesso em: 14 jul. 2012.

AKINBO, O.; LABUSCHAGNE, M.; FREGENE, F. Embryo rescue as a method to develop and multiply a backcross population of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) from an interspecific cross of *Manihot esculenta* ssp. *flabellifolia*. **African Journal of Biotechnology**. v. 9, n. 42, p. 7058-7062, out 2010.

BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**. Oxford University Press: Oxford, 1986. 194 p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas. Aplicações na agricultura**. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 1998. cap.01, p.3-11.

CARDOSO, C. E. L.; BARROS, G. S. C. Competitividade no segmento agrícola da cadeia de fécula de mandioca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 42., 2004. Cuiabá. **Anais ...** Rio de Janeiro: Sober, 2004. p. 1-21.

CARDOSO, C.E.L. **Competitividade e inovação tecnológica na cadeia agroindustrial de fécula de mandioca no Brasil**. 2003. 188 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-04122003-151241/pt-br.php>>. Acesso em: 14 jul. 2012.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – ESALQ/USP. **Indicadores de preços**. Piracicaba, 2011. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br>>. Acesso em: 01 Nov. 2011.

CIRANI, C. B. S.; MORAES, M. A. F. D. Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção das tecnologias de agricultura de precisão. **Revista de economia e sociologia rural**, Brasília, v. 48, n. 4, p. 543-565, out/dez 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-2003201000400003&script=sci_arttext>. Acesso em: 14 jul. 2012.

EIUMNOH, A.; SHRESTHA, R. P. A Study on Estimation of Cassava Area and Production Using Remote Sensing and Geographic Information Systems in the Northeast Region of Thailand. **Southeast Asian Studies**, v. 37, n.3, p. 417-430, 1999.

EMBRAPA. **LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite**. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/landsat.htm>>. Acesso em: 05 Jan. 2012.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The world cassava economy: facts, trends and outlook**. Rome: FAO & FAD 2000. p. 64. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/009/x4007e/x4007e00.htm>. Acesso em: 14 jul 2012.

FAOSTAT. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Production**. Roma, 2012. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 24 Jan. 12.

FELIPE, I. F.; ALVES, L. R. A.; CARDOSO, C. E. L.; GEROTO, C. L. Organização e coordenação na indústria de fécula de mandioca no Brasil sob a ótica da economia dos custos de transação. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 48, 2010, Campo Grande. **Anais eletrônicos...** Brasília: SOBER, 2010. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/>>. Acesso em: 6 fev. 2011. p. 1-17

FONTANA, D.C.; WEBER, E.; DUCATI, J.R.; FIGUEIREDO, D.C.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A. Monitoramento e previsão de safras no Brasil. [CDROM]. In: SIMPOSIO LATINO AMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA. 9, 2000, Puerto Iguazú. **Anais...** Puerto Iguazú, 2000. p. 1-11.

GOEBEL, M.A. **Organização e coordenação do sistema agroindustrial da mandioca na microregião Oeste do Paraná**. 2005. 148 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisas agropecuárias**. Rio de Janeiro, IBGE: 2002. 92 p.

- IFAD. International Fund for Agricultural Development. **The global cassava development strategy and implementation plan.** Rome, 2001. v. 1, 70 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/006/y0169e/y0169e00.htm>>. Acesso em: 14 jul 2012.
- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações.** 2. ed. São Paulo: UNESP, 2008. 746p.
- NOGUEIRA, A. C. L. Risk perception and management for cassava starch producers in Brazil. In: CONFERENCE OF INTERNATIONAL FOOD AND AGRIBUSINESS MANAGEMENT ASSOCIATION, 9, 1999, Florença. **Anais ... Florença: IAMA, 1999.** p. 1-6
- NOVO, E. M. L. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** 4. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 388p.
- OTSUBO, A. A. **Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil.** Dourados: Embrapa. 2004. 116p.
- PCI. Geomatics. Versão 10.1 for Windows. Ontário, Canadá. 2007.
- PEIXOTO, C. P. Mandioca. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. (Coord.). **Ecofisiologia de cultivos anuais:** trigo, milho, soja, arroz e mandioca. São Paulo: Nobel, 1999. 128p.
- RAMIREZ, M. R.; SOUZA, J. M. Sistema gerenciador de banco de dados em sistemas de informações geográficas. In: MEIRELLES. M. S. P.; CÂMARA, G., ALMEIDA, C. M. **Geomática:** modelos e aplicações ambientais. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 55-103.
- RINALDI, R. N.; ROCHA JUNIOR, W. F.; SOUZA, E. F.; STADUTO, J. A. R. A cultura da mandioca na Região Oeste do Paraná: um estudo da coordenação da cadeia sobre a ótica da teoria dos contratos. **Organizações Rurais e Agroindustriais.** Lavras, v.7, n.1. p. 11-22, Mai/Ago 2005. Disponível em: <<http://revista.dae.ufla.br/index.php/ora/article/viewArticle/205>>. Acesso em: 14 jul 2012.
- RIZZI, R.; RUDORFF, B. F. T. Estimativa da área de soja no Rio Grande do Sul por meio de imagens Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia,** Brasília, v. 3, n. 57, p. 226-234, dez 2005. Disponível em: <<http://lsie.unb.br/index.php/rbc/article/view/128/111>>. Acesso em: 14 jul 2012.
- RUDORFF, B. F. T.; BERKA, L. M. S.; XAVIER, A. C.; MOREIRA, M. A.; DUARTE, V. ROSA, V. G. C. SHIMABUKURO, Y. E. Estimativa de área plantada com cana-de-açúcar em municípios do estado de São Paulo por meio de imagens de satélites e técnicas de geoprocessamento safra 2003/2004. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos. 2004. INPE – 10791- RPQ/759. 54p.

SANCHES, I. D.; EPIPHANIO, J.C.N.; FORMAGGIO, A. R. Culturas agrícolas em imagens multitemporais do satélites Landsat. **Agricultura São Paulo**, São Paulo, v. 52, n.1, p 83-96. 2005.

SANO, E. E.; ASSAD, E. D.; ORIOLI, Á. L. Monitoramento da ocupação agrícola. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas. Aplicações na agricultura**. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 1998. cap.01, p.179-190.

SHORT. **Tutorials**. 2012. Disponível em: <<http://rst.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em: 05 jan. 2012.

SANTOS, A. O.; VALERIANO, M. M.; MAZIERO, J. V. G.; CAVALLI, A. C. Opportunities and limitations for the application of simulation and modeling as a support for precision farming. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 23, n.6, p. 1509-1517, 2001.

VILPOUX, O. F. **A cadeia de mandioca no Brasil**. Campo Grande: SEBRAE - MS, 2006. 82 p.

VILPOUX, O. F. Arranjos institucionais nas transações entre produtores e fecularias de mandioca: abordagem pela economia dos custos de transação. **Informe Gepec**, Toledo, v.14, n.1, p. 127-146, jan./jun 2010.

VILPOUX, O. F. Desempenho das governanças e minimização dos custos de transação: transações entre produtores e fecularias de mandioca. **Revista de Economia e Sociologia Rural** (Impresso), Piracicaba, v.49, n. 02, p. 271-294, jun 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-20032011000200001&script=sci_arttext>.

Acesso em: 14 jul 2012.

VILPOUX, O. F. Competitividade da mandioca no Brasil, como matéria-prima para amido. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.38, n.11, p. 27-38, nov. 2008.

4.2. Artigo II: Uso de classificação automática não supervisionada de imagens Landsat TM para identificação de áreas de cultivos de mandioca

Resumo

O artigo apresenta a automatização da identificação e estimativas de área da mandioca utilizando imagens do sensor TM do satélite Landsat. O sensoriamento remoto deve ser utilizado para oferecer informações com o intuito de reduzir as incertezas no preço da mandioca industrial no Brasil. Pretendeu-se verificar a possibilidade de identificar automaticamente as áreas de mandioca produzidas no Paraná, na microrregião de Paranavaí, maior região brasileira de produção de fécula, por meio das imagens do sensor *Thematic Mapper* do satélite Landsat 5. Os resultados mostraram que os classificadores automáticos não conseguiram separar o cultivo da mandioca de outros cultivos e solos. A alternativa para contornar esse problema será colocar em prática a identificação manual ou continuar a pesquisa em busca de um método automático que consiga identificar e quantificar os cultivos de mandioca, o que necessitará de novos tipos de imagens com resolução espacial maior.

4.2.1. Introdução

A origem da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) está na região amazônica brasileira. Os índios já a utilizavam e, depois da chegada dos portugueses no Brasil, ela foi disseminada em outros continentes, principalmente a África e a Ásia. A mandioca teve um papel importante para a alimentação dos escravos e, na África, se fixou como um alimento de base da população. É uma das culturas alimentares mais importantes e difundidas no mundo e suas raízes são valiosa fonte de carboidratos (SILVA et al., 2011). Em 2010 os principais países produtores de mandioca no mundo eram a Nigéria, a República Democrática do Congo, o Brasil, a Indonésia e a Tailândia (FAOSTAT, 2012).

O plantio da mandioca ocorre em todo o território nacional (IBGE, 2012), mas as unidades processadoras mais modernas, essencialmente de amido, estão concentradas na Região Sul, em empresas de pequeno porte ou de elevado investimento. Rós et al. (2011) acreditam que mesmo a mandioca sendo cultivada em todos os estados brasileiros, é necessária aumentar o número de informações específicas sobre as cultivares mais utilizadas.

A mandioca é matéria-prima para vários produtos derivados, como farinha, ração animal, álcool, papel, têxteis, adoçantes, alimentos preparados e produtos biodegradáveis. O grau de processamento e os requisitos técnicos tendem a aumentar da forma *in natura* para os amidos

modificados (IFAD, 2001). O produto mais moderno da mandioca é o amido, que é utilizado em varias aplicações como alimentos preparados.

No Brasil, o maior produtor de mandioca industrial para uso em fecularias é o estado do Paraná. A região noroeste paranaense destaca-se no cenário nacional por possuir a maior área de mandioca industrial do Brasil, principalmente na microrregião de Paranavaí. Destaca-se também pelo elevado número de indústrias de amido da mandioca instaladas na região (VILPOUX, 2008).

O problema principal a ser superado pelo setor de amido de mandioca no Brasil é a instabilidade da oferta, que se traduz por grandes variações de preços. A instabilidade do setor afeta a rentabilidade das empresas e dos produtores. Períodos de grande produção, com preços baixos, desestimulam os produtores, enquanto períodos de falta de matéria-prima, com preços altos, prejudicam os mercados consumidores, com troca para produtos alternativos, principalmente amido de milho, que possui regularidade na oferta e menor sazonalidade de preços (VILPOUX, 2010 e 2011e FELIPE, 2010).

A situação é confirmada por Goebel (2005) que assevera que a quantidade de mandioca disponível é inconstante, sendo origem dos obstáculos em todo o setor. A solução para esse problema passa pelo aumento das informações disponíveis sobre cultivo de mandioca. O fornecimento de informações sobre a quantidade de área plantada pode ajudar a planejar o plantio, evitando o excesso ou a falta de matéria-prima.

O levantamento de campo sobre área plantada é uma das alternativas para aumentar a informação disponível. A previsão de safra no Brasil é feita através de estimativa anual da produção agrícola em nível nacional, usando questionários aplicados diretamente aos produtores ou às entidades relacionadas à atividade agrícola em cada região. A obtenção de dados confiáveis através dessa metodologia é difícil, lenta e onerosa e implica sempre um alto grau de subjetividade. A extensão e peculiaridades regionais e sazonais do território brasileiro podem introduzir erros suficientes nos resultados desse tipo de avaliação para invalidar seu uso (FONTANA, 2000).

A estimativa de área da mandioca pode monitorar a área plantada e oferecer informações que reduzem a incerteza nos preços da mandioca industrial e minimizam o sobe e desce dos preços pagos pela mandioca. Essas informações diminuem a possibilidade da ação de agentes oportunistas no setor. É possível a estimativa da área de mandioca por imagens de satélites com o uso de métodos de interpretação visual, método que permite grande precisão na estimativa. No entanto, este método é adaptado para regiões pequenas, como a microrregião de Paranavaí, onde concentra-se a maior produção de mandioca industrial do Brasil, mas

torna-se demorado e oneroso para a avaliação da área de cultivo em regiões extensas, como o Estado do Paraná.

Richards e Jia (2006) também consideram que o método de interpretação visual, ou fotointerpretação, é eficaz apenas para áreas pequenas. Os autores consideram que a aplicação desse método em áreas extensas pode gerar estimativas imprecisas de área, pois a análise visual é baseada na habilidade do ser humano que pode deixar de considerar informações presentes na imagem. O analista, por exemplo, é incapaz de discriminar o limite da resolução radiométrica disponível. Quando ocorre o uso do computador para automatizar a identificação, a análise possibilita verificar todos os *pixels*. A automação considera também o aspecto multidimensional da imagem, a plena resolução radiométrica.

A partir da constatação dos limites do método de interpretação visual, alternativas de análise devem ser encontradas para facilitar a previsão da área plantada com mandioca industrial usada para produção de fécula. A alternativa encontrada é a aplicação de métodos automatizados, conhecidos como classificações de imagens. O objetivo da pesquisa foi de verificar a possibilidade de uso desses métodos automatizados para avaliar a área plantada de mandioca industrial no Brasil.

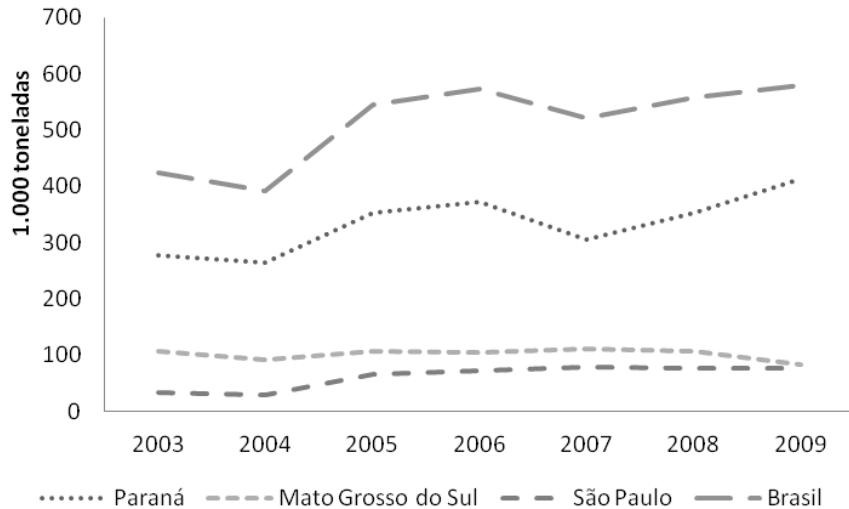
A produção brasileira de mandioca destinada à indústria de amido está concentrada na região Centro-Sul do país, nos Estados do Paraná (71%), Mato Grosso do Sul (14 %) e São Paulo (13%). Os plantios estão próximos e interligados e o preço da mandioca sofre a influência de uma região sobre a outra. Essa interconexão entre as principais regiões de produção explica porque informações de uma parte restrita do território produtivo não é suficiente para reduzir a incerteza no setor.

O artigo divide-se em cinco partes, a introdução, a revisão bibliográfica que explica a situação do setor de amido de mandioca no Brasil, o uso de geotecnologias para levantamento de áreas plantadas, os conceitos e componentes das geotecnologias, a automatização da estimativa de área de uma cultura e o uso de geotecnologias para levantamento de área e seguimento de produção. Em seguida são abordados a metodologia e os resultados da pesquisa, que avaliam a confiabilidade do uso de métodos automatizados para avaliação da área plantada com mandioca industrial. Finalmente são apresentadas as considerações finais, que permitem concluir sobre a possibilidade de uso de geotecnologias para análise de áreas geográficas extensas.

4.2.2. O setor de amido de mandioca no Brasil

A produção de amido de mandioca no Brasil se concentra em três estados, Paraná, Mato Grosso do Sul e São Paulo (Figura 8). Apesar de algumas iniciativas localizadas em outros

estados, no inicio dos anos 2000, principalmente em Goiás, Pará, Minas e na região Nordeste, a produção de fécula de mandioca permanece localizada nos três estados indicados na Figura 8.



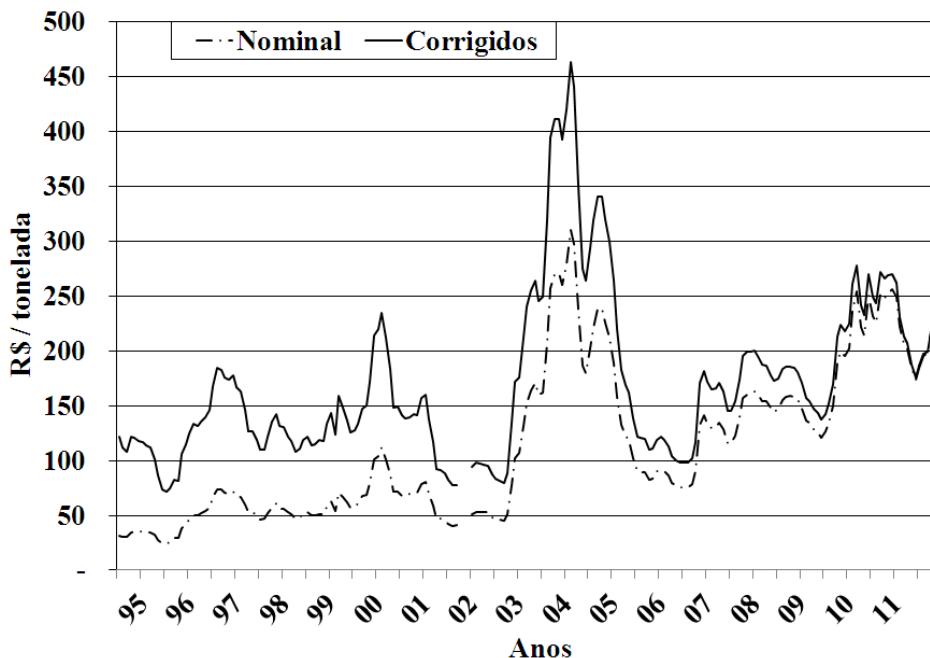
Fonte: ABAM (2011)

Figura 8. Evolução da produção de amido de mandioca no Brasil e nos principais Estados produtores, entre 2003 e 2009.

A abertura e estabilidade da economia brasileira nos anos 90 são responsáveis por permitir o avanço, crescimento e modernização da indústria de amido, ou fécula, de mandioca no Brasil. O setor despertou para a busca de nichos específicos de mercados, principalmente os consumidores de amidos modificados. Novos métodos foram inseridos, como a produção de fécula com maior valor agregado para atender a indústria de papel, química ou siderurgia. Nesse cenário, a indústria de fécula de mandioca aumentou a procura por alternativas de mercado, no objetivo de manter a regularidade na produção e preços competitivos. A dificuldade principal do setor encontra-se na irregularidade da oferta de matéria-prima, levando a intensas oscilações de preços (CARDOSO, 2003 e FELIPE, 2010).

Um dos fatores limitantes das empresas é a impossibilidade de armazenar a mandioca, ou seja, não se consegue estocar a matéria-prima (GOEBEL, 2005 e VILPOUX, 2010). A frequência das transações é alta e as relações de confiança são limitadas pelo fato das fecularias trabalhar com grande número de produtores, sem contratos para as transações (VILPOUX, 2010). Segundo o autor, no fornecimento de mandioca é alto o risco de faltar matéria-prima para as empresas. Variações anuais elevadas acontecem devido à variação na área plantada, como resposta direta aos preços praticados. Assim, picos de preços altos

seguem picos de baixos, em intervalo de 12 a 18 meses, tempo de um ciclo de produção da cultura (Figura 9).



Fonte: Vilpoux (2006) e CEPEA (2011).

Figura 9. Evolução dos preços médios a vista da mandioca paga aos produtores, entre julho de 1994 e Outubro de 2011, nos estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul.

Na indústria de amido de mandioca aumentam as relações contratuais das empresas com seus clientes, na maioria companhias maiores. O aumento dos compromissos das fecularias com seus clientes é dificultado pelas grandes variações de preço identificadas na Figura 9. A alternativa encontrada pelas empresas consumidoras está na substituição do produto por amido de milho, produto que possui maior regularidade de oferta e menor sazonalidade de preços (FELIPE, 2010).

O segmento agrícola é o principal responsável por afetar o custo de produção do amido da mandioca. A instabilidade na oferta da mandioca promove a instabilidade em todos os elos da cadeia, o que torna inviável a competição no mercado de amido (CARDOSO e BARROS, 2004).

Nos anos noventa, Vilpoux (1997) já afirmava que a instabilidade da oferta e dos níveis de preços eram fatores limitantes para o crescimento do setor. Para o autor, a ausência de competitividade da cadeia de mandioca estava originada na coordenação inadequada entre produtores agrícolas e processadores. No inicio dos anos 2000, Cardoso (2003) também

afirmava que a origem da instabilidade nos preços era devida principalmente a relações inadequadas entre produtores e indústrias.

A dificuldade para harmonizar as relações entre produtores e feculeiros é dificultada pela falta de instrumentos para reduzir a assimetria de informações de preços. A ausência de processo mitigador pode ser explicada pelo fato de alguns agentes se beneficiar dessa situação (CARDOSO, 2003). Para o autor, a assimetria de informação com relação aos preços pode ser reduzida ou eliminada com a adoção de um sistema de informação sobre indicadores de preços, investindo também em informações sobre estimativas de área e de quantidades transacionadas nos mercados físicos regionais. As instituições públicas são quem melhor poderiam gerenciar essa articulação cooperativa.

4.2.3. Uso de geotecnologias para levantamento de áreas plantadas

A coleta de informações sobre culturas agrícolas por meio de tecnologias espaciais se intensificou nos últimos anos. As técnicas de geoprocessamento e os *softwares* de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) permitiram a obtenção de informações mais detalhadas sobre diferentes culturas. O GPS (*Global Positioning System*) é utilizado no levantamento de campo para georreferenciar o plantio, assim como em máquinas agrícolas na agricultura de precisão, enquanto as imagens de satélites oferecem informações sobre o desenvolvimento do cultivo e estimativas de área.

4.2.3.1. As geotecnologias

O conceito de geotecnologias é utilizado para englobar todas as tecnologias e técnicas digitais de obtenção de informações do espaço geográfico. Um dos componentes mais conhecido é o geoprocessamento/geomática, mas existem outros componentes para o conceito, como as imagens de sensoriamento remoto, os sistemas de informações geográficas, o GPS, a agricultura de precisão e a cartografia digital.

O geoprocessamento é o ramo do conhecimento que faz uso das técnicas matemáticas e computacionais para tratamento de informações geográficas. Essa tecnologia possui custo relativamente baixo e seu potencial ainda pode ser somado ao fato do conhecimento ser adquirido localmente. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são os instrumentos computacionais do geoprocessamento que permitem realizar análises complexas ao incorporar dados de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados (CÂMARA e MEDEIROS, 1998)

Os SIGs são aplicados para diversas finalidades, principalmente no monitoramento de safras agrícolas. Eles permitem manipular dados extensos, de grande volume e possuidores de estruturas e inter-relacionamentos complexos (RAMIREZ e SOUZA, 2007).

Para Câmara e Medeiros (1998) um SIG armazena a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados. Para aproveitar um SIG existem no mínimo três grandes formas de utilização, como ferramenta para produção de mapas; suporte para análise espacial de fenômenos; banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação da informação.

Burrough (1986, p.6) define o SIG como um “conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real”. A integração de vários tipos de dados em SIG permite alto potencial para ser explorado por equipe multidisciplinar. Assim, um SIG com dados socioeconômicos, ambientais, urbanos, agrários, entre outros, possibilita o trabalho de inúmeros profissionais como geógrafos, economistas, administradores, engenheiros.

A integração do sensoriamento remoto e de SIGs proporciona ferramentas eficientes, com dados e resultados de boa qualidade, para pesquisa e monitoramento de áreas (EIUMNOH e SHRESTHA, 1999).

O NAVSTAR-GPS (*Global Positioning System*) é um sistema de radionavegação desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos com objetivo de ser o principal sistema de navegação das forças armadas norte-americanas. Em razão da acurácia oferecida pelo sistema e do grande desenvolvimento das tecnologias envolvidas nos receptores GPS, aumentou o numero de usuários em todos os segmentos da sociedade (agricultura, controle de frotas, navegação, posicionamento geodésico, etc.). O sistema GPS permite ao usuário, localizado em qualquer ponto na superfície terrestre, ou próximo a esta, na condição de ter a disposição quatro satélites, obter seu posicionamento em tempo real (MONICO, 2008).

O sistema NAVSTAR-GPS pertence ao GNSS (*Global Navigation Satellite System*) que também integra os sistemas GLONASS (*Global Orbiting Navigation Satellite System*) de origem russa, Galileo (*European Satellite navigation System*) de origem européia e o sistema da China, o Compass ou Beidou-2. Monico (2008) acredita que o uso integrado desses sistemas deverá revolucionar ainda mais todas as atividades que necessitam de posicionamento.

No âmbito da Tecnologia Espacial, o conceito de Sensoriamento Remoto significa, segundo Novo (2008, p. 4):

“... a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que compõem em suas mais diversas manifestações”.

O sensoriamento remoto na agricultura é utilizado em diversas aplicações, por exemplo, monitoramento agrícola, condição das culturas, previsão de safras, erosão de solos, agricultura de precisão, índice de área foliar e em inúmeras outras aplicações. Para Sanches et al. (2005), o sensoriamento remoto constitui uma ferramenta de grande contribuição para o monitoramento da atividade agrícola e, desta forma, ganha cada vez mais espaço nessa área. A disponibilidade de informações confiáveis sobre os tipos de culturas instaladas, área plantada e distribuição espacial dentro de uma determinada região, é fundamental na tomada de decisões para o planejamento, definição de prioridades e liberação de financiamento pelos setores públicos ou privados envolvidos na agricultura. Tais informações podem ser obtidas através de métodos convencionais, envolvendo questionários aplicados diretamente aos produtores, ou através da utilização de dados de Sensoriamento Remoto (SANO et al., 1998). No entanto, o custo de aplicar questionários diretamente aos produtores é alto e muitas vezes não gera dados confiáveis. Por essa razão, os métodos convencionais são substituídos, cada vez que possível, pelo uso de Sensoriamento Remoto.

4.2.3.2. Automatização da estimativa de área de uma cultura

A análise por computador é conhecida como análise quantitativa, por ter a capacidade de contar os *pixels* para estimativas de áreas, processo conhecido com classificação (RICHARDS e JIA, 2006).

Os dois principais tipos de classificações são o método automático e o semiautomático. A classificação automática, ou não supervisionada, é aquela que não passa por interferência de analista. A classificação nesse método ocorre apenas por trabalho do *software*. A classificação semiautomática ou supervisionada é aquele em que o analista seleciona amostras das áreas para produzir a classificação. Neste método, o analista ajuda o *software* a realizar a classificação.

Os dois métodos podem ser aplicados para a classificação de áreas com grande extensão territorial. O analista deverá saber qual o método que traz melhores resultados para a sua pesquisa e qual oferece resultados com melhor qualidade.

A classificação é um método onde as classes são associadas aos *pixels* em função das suas características espectrais. As classes são criadas pelo computador que possui áreas de

treinamento para identificar previamente os *pixels* com semelhança espectral (RICHARDS e JIA, 2006). As áreas de treinamento são *pixels* selecionados para treinar o classificador a reconhecer as classes desejadas. Se as áreas de treinamento forem escolhidas pelo analista, a classificação é considerada supervisionada, se for por meio de algoritmo de computador ela é definida como não supervisionada (SCHOWENGERDT, 2007).

A classificação multiespectral tem por finalidade analisar e comparar a relação entre as propriedades espetrais dos objetos desconhecidos com as propriedades espetrais de objetos conhecidos (KONECNY, 2003).

4.2.3.3. Uso de geotecnologias para levantamento de área e seguimento de produção

A agricultura é a grande beneficiaria das geotecnologias, essencialmente através da agricultura de precisão, que consiste no manejo estratégico de cultivos agrícolas com a aplicação de informação tecnológica e conhecimento agronômico. A agricultura de precisão trabalha com grande quantidade de dados que são coletados e tratados visando ao desenvolvimento do poder de decisão (SANTOS et al., 2001).

O uso das geotecnologias pode ser também aplicado em outras áreas agronômicas, tal como o levantamento de culturas agrícolas. Um sistema para estimativa da área plantada da cultura de soja por meio das geotecnologias foi desenvolvido e testado no Estado do Rio Grande do Sul. Esse sistema utilizou um método de classificação digital por interpretação visual das imagens com base no comportamento espectro-temporal do plantio. A estimativa da área plantada de soja foi comparada com as estatísticas oficiais fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As maiores diferenças relativas foram observadas em municípios onde a cultura possuía pouca expressão, embora as maiores diferenças absolutas fossem observadas em municípios onde a área plantada com soja era bastante expressiva (acima de 10.000 ha). Em nível estadual foi observada uma diferença de 11,3% entre a estimativa do IBGE (2.773.498 ha) e a das imagens Landsat (2.492.880 ha). Rizzi e Rudorff (2005) concluíram que as imagens do satélite Landsat 5 podiam ser utilizadas para o correto mapeamento da soja e auxiliar na melhoria das estatísticas agrícolas oficiais.

Adami et al. (2005) desenvolveram um método para estimar as áreas plantadas de café, milho e soja na cidade de Cornélio Procópio, no Estado do Paraná. Os autores utilizaram imagens de sensoriamento remoto, procedimentos de classificação de imagens, SIG e GPS. A comparação entre os resultados da pesquisa e as estimativas oficiais indicou que as melhores estimativas

foram para a cultura da soja, que ocupava 32,1% da região. A estimativa da área de soja teve uma diferença de 5,9% em relação à estimativa oficial.

Cirani e Moraes (2011) investigaram o processo de adoção e uso das tecnologias de agricultura de precisão na indústria sucroalcooleira do estado de São Paulo. Nos resultados é possível encontrar algumas geotecnologias entre as tecnologias adotadas, tais como o uso de imagens de satélite, com 76% de adoção, as fotografias aéreas, com 33% e amostragem de solo em grade (com GPS), tecnologia adotada por 31% das empresas pesquisadas.

Rudorff et al. (2004) mapearam as lavouras de cana-de-açúcar por meio de imagens de satélites, em escala municipal para todo o Estado de São Paulo para a safra 2003/2004 e as de cana planta para a safra 2004/2005. O resultado geral da classificação mostrou que o estado de São Paulo tinha 3,09 milhões de ha. de cana, o que equivalia a cerca de 12,5% da área total do estado.

Chao et al. (2007) avaliaram o potencial do plantio da mandioca, por meio do sistema de informação geográfica (SIG) e do sensoriamento remoto. Tienwong et al. (2009) avaliaram a aptidão das terras para o cultivo de algumas culturas importantes do ponto de vista econômico e energético, que são a cana de açúcar e a mandioca, em Kanchanaburi, província da Tailândia. Para realizar esse trabalho utilizaram um SIG. Concluíram que normalmente as áreas mais adequadas para ambas às culturas eram localizadas na parte leste e inferior da província, que possui um solo altamente fértil e recursos hídricos abundantes. Constatou-se também que a maioria da área adequada de ambas as culturas era localizada em terras agrícolas existentes, mas usadas para outras culturas.

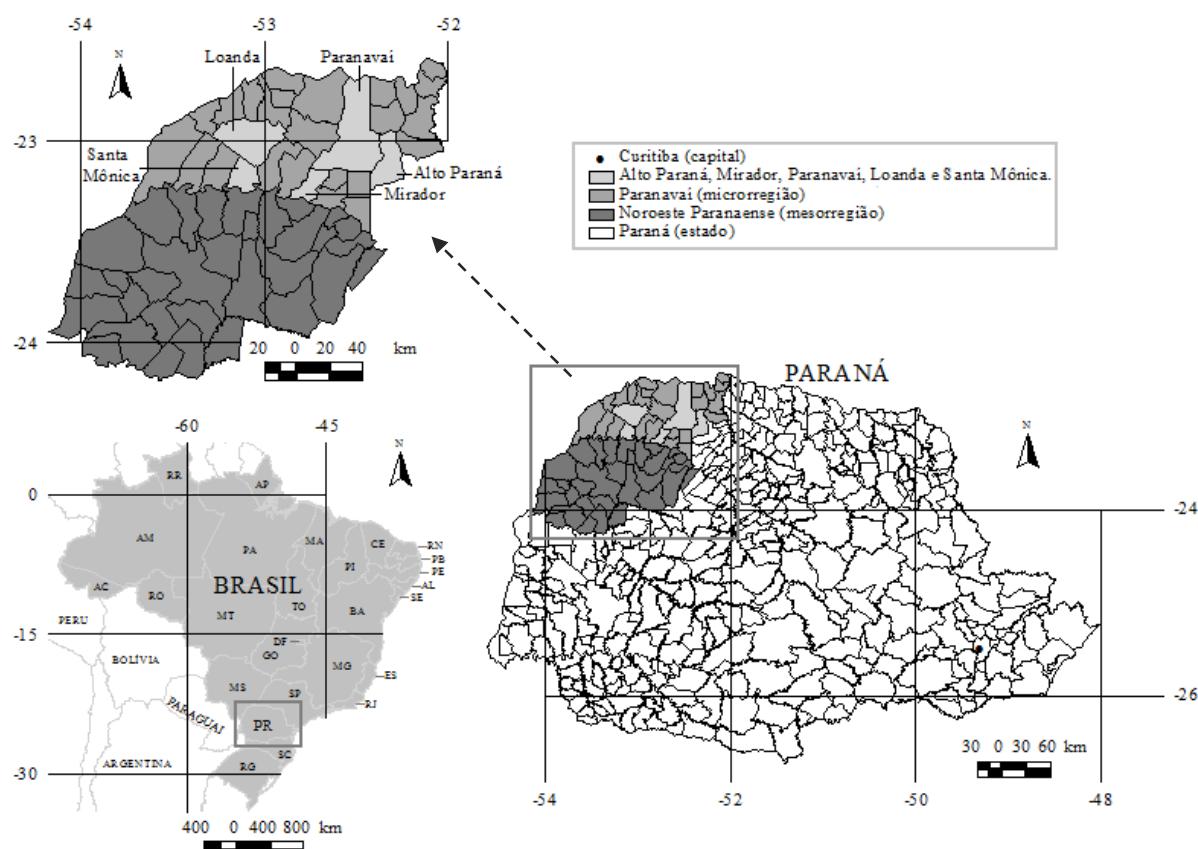
Eiumnoh e Shrestha (1999) realizaram um estudo sobre a área de plantio de mandioca e avaliação da produção. Essa pesquisa foi realizada na região nordeste da Tailândia, usando um sistema integrado de sensoriamento remoto e de Sistema de Informações Geográficas (SIG). O objetivo do estudo foi explorar o uso da NOAA-AVHRR para mapeamento de áreas de plantação de mandioca. O estudo foi realizado para a safra de duas estações, 1995 e 1996 e indicou que os dados NOAA-AVHRR podiam ser utilizados para mapear o áreas de plantio de mandioca em escala regional na Tailândia.

Vasconcelos e Vilpoux (submetido) utilizaram imagens do sensor TM para identificar plantios de mandioca e criaram uma chave de identificação do plantio. A partir de um método manual para identificação dos plantios, os autores conseguiram diferenciar os plantios de mandioca acima de dois hectares, com uma percentagem de erro inferior a cinco. Apesar dos resultados obtidos, o interesse da pesquisa fica limitado pela falta de automatização da análise.

4.2.4. Metodologia

A pesquisa foi realizada na mesorregião do Noroeste Paranaense, principal região produtora de amido de mandioca do Estado do Paraná e do Brasil. Essa mesorregião possui 62 municípios, 29 localizados na microrregião de Paranavaí. A microrregião de Paranavaí é delimitada pelas longitudes 52° a 53° O e latitudes 22° a 23° S.

A área de pesquisa foi a microrregião de Paranavaí no Estado do Paraná (Mapa 04). Os municípios selecionados para os trabalhos de campo foram: Alto Paranaí, Mirador, Paranavaí, Loanda e Santa Mônica, todos inseridos na microrregião de Paranavaí.



A maior parte das indústrias de amido de mandioca da região Noroeste Paranaense está instalada no Município de Paranavaí ou em municípios de sua microrregião. Paranavaí é o município que mais produz mandioca no Estado do Paraná e muitas propriedades dos municípios próximos a Paranavaí oferecem matéria-prima para as indústrias.

- **Levantamento inicial de campo**

A pesquisa de campo começou com a localização de algumas áreas de plantio na microrregião de Paranavaí. Entre os dias 27 e 28 de julho de 2011 realizou-se o primeiro levantamento de campo com a finalidade de georreferenciar alguns cultivos de mandioca. No total foram georreferenciadas 12 áreas em cinco municípios: Alto Paraná (3), Mirador (1), Paranavaí (2), Loanda (2) e Santa Mônica (4). Os plantios de mandioca selecionados foram de várias fases de crescimento da planta, cultivos recém-plantados, de primeiro ciclo (10 a 12 meses de idade) e segundo ciclo (12 a 18 meses). O georreferenciamento foi executado por GPS de código aberto da marca Garmin modelo etrex VISTA HCx.

No levantamento de campo foram anotadas informações sobre as épocas de plantio e tipo de cultivo. Foram também fotografados os plantios.

O *software* Quantum GIS 1.7.0-WORCLAW transformou as coordenadas do georreferenciamento em arquivos vetoriais na extensão *.shp*. Em seguida, os dados foram exportados para o *software* PCI Geomatica, no ambiente de visualização de processamento de dados espacial do módulo Geomatica Focus (PCI, 2007). Essa operação permitiu visualizar as imagens e ofereceu ferramentas de geoprocessamento para delimitação e identificação dos perímetros de cultivos de mandioca. Esses perímetros foram utilizados para validar os resultados da classificação automática.

A imagem do sensor TM utilizada foi obtida no *website* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

A imagem foi corrigida geometricamente. Foram utilizados 40 pontos de controles espalhados homogeneamente pela imagem, procedimento realizado com o auxílio do módulo OrthoEngine do *software* PCI Geomatica (PCI, 2007). A base cartográfica de referencia para o procedimento de correção geométrica foi uma imagem ortorretificada do satélite Landsat 7, sensor ETM⁺ de 05 de dezembro de 2000, da órbita 223 e do ponto 76, produto obtido por *download* no *website* da NASA.

No *software* PCI Geomatica e no seu módulo Geomatica Focus (PCI, 2007) foi identificada a resposta espectral do plantio de mandioca ao longo do seu ciclo de desenvolvimento.

- **Processamento Digital da Imagem**

O software PCI Geomatica e seu módulo Focus (PCI, 2007), foram utilizados na pesquisa para verificar o potencial das imagens Landsat 5/TM na estimativa automática para safra da mandioca.

O primeiro passo foi o recorte da imagem do dia 04 de junho de 2011 no limite dos municípios envolvidos na pesquisa (Alto Paraná, Loanda, Mirador, Paranavaí e Santa Mônica), para facilitar o processamento da imagem. O segundo passo foi testar os diferentes classificadores automáticos, *K-Means*, *Fuzzy K-Means* e *Isodata*.

O *K-Means* (ou K-Médias, em português) agrupa os dados em K dimensões no espaço, onde K refere-se ao número de bandas espectrais e/ou imagens envolvidas (SCHOWENGERDT, 1983). O Isodata é igual ao *K-Means*, mas apresenta a opção de aumentar o número de classes, conforme a distância que a amostra apresente da média dos clusters, desde que seja maior que a classes existentes (JENSEN, 1996). No Fuzzy K-Means, cada elemento está associado a uma função de pertinência que indica o grau de identidade do elemento com relação a um determinado grupo. Ele consiste em um agrupamento que se apresenta como uma extensão do algoritmo K-Means (ALBUQUERQUE, 2004).

Para validar os resultados das amostras selecionadas na classificação era previsto comparar as estimativas com 85 áreas de cultivo na região de Paranavaí. No entanto, os resultados obtidos com os classificadores não permitiram essa comparação.

4.2.5. Resultados e discussão

Os três classificadores não supervisionados utilizados, *K-Means*, *Fuzzy K-Means* e *Isodata*, não apresentaram eficácia para identificar os plantios de mandioca. A razão pela impossibilidade da aplicação das imagens do sensor TM/Landsat 5 na identificação automática dos cultivo de mandioca é devido a confusão espectral que não conseguiu identificar os plantios de mandioca.

A confusão espectral promoveu confusão entre as classes temáticas geradas e não classificou as áreas cultivadas com mandioca, que foram confundidas com outras culturas. Os polígonos vermelhos do Mapa 5 são cultivos de mandioca identificados durante a pesquisa de campo. Nas classificações automáticas não supervisionadas, pode-se observar que não existe uma composição uniforme nos cultivos da mandioca, o que impede a identificação pelo método empregado.



Mapa 5. Classificação gerada pelo algoritmo *Isodata*. Escala: 1: 50.000

Os resultados apontaram a ocorrência da confusão espectral entre a classe de mandioca com outros tipos de culturas. Isso ocorreu porque a mandioca possui uma resposta espectral que varia muito ao longo de seus estágios de crescimento. A idade de colheita da mandioca pode variar de 10 até 24 meses. Nessas diferentes fases, o aspecto da mandioca muda, o que dificulta a identificação. O fato das diferentes fases poder ser encontradas simultaneamente numa mesma região dificulta ainda mais a análise.

Na região de Paranavaí, um outro fator que dificulta a estimativa de área vem do fato que parte da mandioca pode ser podada nos meses de inverno, de julho a setembro.

Outro fator agravante, a mandioca geralmente é plantada em plantios pequenos, sendo difícil encontrar áreas acima de 200 hectares, diferentemente de outras culturas como a cana-de-açúcar, cultivada em áreas geralmente acima dessa área, o que facilita a sua identificação.

A mandioca possui diferença na cor das folhas entre variedades. Existem variedades com folhas mais avermelhadas, outras mais esverdeadas, algumas com mais folhas, outras com menos folhas. Em algumas épocas do ano, os plantios de mandioca perdem as folhas, fator que muda a resposta espectral dos plantios e confunde os resultados com áreas nuas, sem cultivos.

Todos esses fatores prejudicam a identificação automática por imagens Landsat/TM. O computador acaba misturando parte dos plantios de mandioca com os solos, principalmente em análise feita no inverno, como no caso da pesquisa, ou com outras culturas.

A principal solução para contornar esse problema será investir em imagens com resolução espacial maior que às do sensor TM Landsat 5, ou utilizar o método manual onde o analista consegue diferenciar os cultivos da mandioca.

4.2.6. Considerações finais

A pesquisa identificou que por meio das imagens do sensor TM do satélite Landsat 5 não foi possível identificar os plantios através de classificação automática, devido ao fato da resolução espectral das imagens TM não permitir a diferenciação dos cultivos da mandioca de outros tipos de cultivos e solos por métodos automáticos.

A dificuldade em diferenciar a mandioca de outros cultivos pode ser explicada pelo fato da resposta espectral não ser constante e uniforme, como a de outros tipos de culturas como a soja ou a cana-de-açúcar. Soma-se a esse problema o fato dos plantios da mandioca serem realizados em pequenas áreas, mesmo considerando a região de Paranavaí, que possui os maiores plantios do Brasil.

Essas dificuldades tornam necessário iniciar novas pesquisas sobre como identificação à mandioca utilizando novos sensores. O primeiro passo seria o uso de novas imagens de satélites com resolução maior da que foi utilizada nesta pesquisa, como imagens do tipo Ikonos e QuickBird. Como essas imagens são de maior resolução espacial elas oferecerão mais informações para o trabalho. No entanto, essas imagens possuem um custo de 30 a 90 reais o km^2 , o que pode inviabilizar o uso deles em grandes áreas, objetivo procurado na pesquisa.

Enquanto um método automático não é encontrado pode-se utilizar o método manual que pode ser aplicado sem nenhum problema, mesmo se esse método limite a extensão das áreas que podem ser avaliadas. A avaliação manual é mais demorada que a automática para ser executada, porque depende do analista para ser realizada, diferente da automática onde o analista apenas coloca os parâmetros no *software*. Assim o resultado de uma estimativa pelo método manual leva mais tempo para ficar pronto do que o automático, que depende da capacidade de processamento do computador.

No entanto, o método manual poderia ser aplicado nas áreas produtoras de mandioca industrial para feculência concentradas em 3 estados do país, pois seus resultados são de boa qualidade e precisos e fornecem informações valiosas para as empresas.

4.2.7. Referências bibliográficas

ABAM. Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca. 2012. Disponível em: <www.abam.com.br>. Acesso em: 01 Nov. 11.

ADAMI, M.; MOREIRA, M.A.; RUDORFF, B.F.T.; FREITAS, C. da C.; FARIA, R.T. de. Expansão direta na estimativa de culturas agrícolas por meio de segmentos regulares. **Revista Brasileira de Cartografia**, Brasília, v.1, n.57. p.22-27, abr 2005. Disponível em: <<http://lsie.unb.br/index.php/rbc/article/view/147/131>>. Acesso em: 14 jul. 2012.

ALBUQUERQUE, R. C. L. **Aplicação do sensoriamento remoto e do sistema de informação geográficas na detecção de mancha de óleo na região do pôlo de exploração de Guamaré**, R. N. 2004. 69f. Dissertação (Mestrado em Geofísica - Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.

ARCOVERDE, G. F. B.; EPIPHANIO, J. C. N.; MARTINS, V. A.; MAEDA, E. E.; FONSECA, L. M. G. Mapeamento de citros: avaliação de classificações por arvore de decisão. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 1, n. 62, p. 91-102 ,2010. Disponível em: <<http://lsie.unb.br/index.php/rbc/article/view/241/232>>. Acesso em: 14 jul 2012.

BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**. Oxford University Press, Oxford, 1986. 194 p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas. Aplicações na agricultura**. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 1998. cap.01, p.3-11.

CARDOSO, C. E. L.; BARROS, G. S. C. Competitividade no segmento agrícola da cadeia de fécula de mandioca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 42, 2004, Cuiabá. *Anais* ... Rio de Janeiro: Sober, 2004. p. 1-21.

CARDOSO, C.E.L. **Competitividade e inovação tecnológica na cadeia agroindustrial de fécula de mandioca no Brasil.** 2003. 188 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

CHAO, Z.; XIAODONG, Z.; JIANYU, Y.; HAIXIA, L.; DEHAI, Z.; WANBIN, Z.; Evaluation of cassava planting potential with remote sensing and GIS. **New Zealand Journal of Agricultural Reserch**, New Zealand, v. 50, n. 5, p. 1135-1140, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00288230709510395>>. Acesso em: 14 jul 2012.

CIRANI, C. B. S.; MORAES, M. A. F. D. Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção das tecnologias de agricultura de precisão. **Revista de economia e sociologia rural**, Brasília, v. 48, n. 4, p. 543-565, out/dez 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-20032010000400003&script=sci_arttext>.

Acesso em: 14 jul. 2012.

EIUMNOH. A.; SHRESTHA, R. P. A Study on Estimation of Cassava Area and Production Using Remote Sensing and Geographic Information Systems in the Northeast Region of Thailand. **Southeast Asian Studies**, v. 37, n.3, p. 417-430, 1999.

EL-SHARKAWY, M.; COCK, J. H.; PORTO, M. C. M. Características fotossintéticas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasil, v. 1, n. 2, p. 143-154, 1989.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2012. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 24 Jan. 12.

FELIPE, I. F.; ALVES, L. R. A.; CARDOSO, C. E. L.; GEROTO, C. L. Organização e coordenação na indústria de fécula de mandioca no Brasil sob a ótica da economia dos custos de transação. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 48, 2010, Campo Grande. *Anais eletrônicos...* Brasília: SOBER, 2010. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/>>. Acesso em: 6 fev. 2011.

FONTANA, D.C.; WEBER, E.; DUCATI, J.R.; FIGUEIREDO, D.C.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A. Monitoramento e previsão de safras no Brasil. [CDROM]. In: SIMPOSIO LATINO AMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA. 9, 2000, Puerto Iguazú. *Anais...* Puerto Iguazú, 2000. p. 1-11.

- GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Editores técnicos). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2004. 416p.
- GOEBEL, M.A. **Organização e coordenação do sistema agroindustrial da mandioca na microregião Oeste do Paraná**. 2005. 148 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2005.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de recuperação automática - SIDRA**. 2012. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 23 jan. 2012.
- IFAD. International Fund for Agricultural Development. **The global cassava development strategy and implementation plan**. Rome, 2001. v. 1, 70 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/006/y0169e/y0169e00.htm>>. Acesso em: 14 jul 2012.
- JENSEN, J. R.; **Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective**. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1995. 316p.
- KONECNY, G. **Geoinformation**: Remote sensing, photogrammetry and geographic information systems. London: CRC Press. 2002. 264p.
- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: UNESP, 2008. 480p.
- NOVO, E. M. L. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 388p.
- NOGUEIRA, A. C. L. Risk perception and management for cassava starch producers in Brazil. In: Conference of International Food and Agribusiness Management Association, 9., 1999, Florença. **Anais** ... Florença: IAMA, 1999. p. 1-6
- OTSUBO, A. A. **Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil**. Dourados: Embrapa. 2004. 116p.
- PEIXOTO, C. P. Mandioca. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. (Coord.). **Ecofisiologia de cultivos anuais**: trigo, milho, soja, arroz e mandioca. São Paulo: Nobel, 1999. 128p.
- PCI. Geomatics. Versão 10.1 for Windows. Ontário, Canadá. 2007.
- RAMIREZ, M. R.; SOUZA, J. M. Sistema gerenciador de banco de dados em sistemas de informações geográficas. In: MEIRELLES. M. S. P.; CÂMARA, G., ALMEIDA, C. M. **Geomática**: modelos e aplicações ambientais. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 55-103.
- RICHARDS, J. A.; JIA, X. **Remote sensing digital image analysis: an introduction**. 4. ed. Germany: Springer, 2006. 439p.

- RINALDI, R. N.; ROCHA JUNIOR, W. F.; SOUZA, E. F.; STADUTO, J. A. R. A cultura da mandioca na Região Oeste do Paraná: um estudo da coordenação da cadeia sobre a ótica da teoria dos contratos. **Organizações Rurais e Agroindustriais**. Lavras, v.7, n.1. p. 11-22, Mai/Ago 2005. Disponível em: <<http://revista.dae.ufla.br/index.php/ora/article/viewArticle/205>>. Acesso em: 14 jul 2012.
- RIZZI, R.; RUDORFF, B. F. T. Estimativa da área de soja no Rio Grande do Sul por meio de imagens Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**, Brasília, v. 3, n. 57, p. 226-234, dez 2005. Disponível em: <<http://lsie.unb.br/index.php/rbc/article/view/128/111>>. Acesso em: 14 jul 2012.
- RÓS, A. B.; HIRATA, A. C. S.; ARAÚJO, H. S.; NARITA, N. Crescimento, fenologia e produtividade de cultivares de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 41, n. 4, p. 552-558, out/dez 2011.
- RUDORFF, B. F. T.; BERKA, L. M. S.; XAVIER, A. C.; MOREIRA, M. A.; DUARTE, V. ROSA, V. G. C. SHIMABUKURO, Y. E. **Estimativa de área plantada com cana-de-açúcar em municípios do estado de São Paulo por meio de imagens de satélites e técnicas de geoprocessamento safra 2003/2004**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos. 2004. 54p.
- SANCHES, I. D.; EPIPHANIO, J.C.N.; FORMAGGIO, A. R. Culturas agrícolas em imagens multitemporais do satélites Landsat. **Agricultura São Paulo**, São Paulo, v. 52, n.1, p 83-96, 2005.
- SANO, E. E.; ASSAD, E. D.; ORIOLI, Á. L. Monitoramento da ocupação agrícola. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas. Aplicações na agricultura**. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 1998. cap.01, p.179-190.
- SANTOS, A. O.; VALERIANO, M. M.; MAZIERO, J. V. G.; CAVALLI, A. C. Opportunities and limitations for the application of simulation and modeling as a support for precision farming. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n.6, p. 1509-1517, 2001.
- SCHOWENGERDT, R. **Remote sensing: models and methods for image processing**. 3. ed. Elsevier, 2007. 515p.
- SCHOWENGERDT, R.A. **Techniques for image processing and classification in remote sensing**. New York: Academic, 1983. 249p.
- SILVA, K. V. P.; ALVES, A. A. C.; MARTINS, M. I. G.; MELO, C. A. F.; CARVALHO, R. Variabilidade genética entre acessos do gênero *Manihot* por meio de marcadores ISSR. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 46. n. 9, p. 1082-1088, 2011.

TIENWONG, K.; DASANANDA, S.; NAVANUGRAHA, C. Integration of land evaluation and the analytical hierarchical process method for energy crops in Kanchanaburi, Thailand. **Science Asia**. v. 35, p. 170-177, 2009. Disponível em: <[10.2306/scienceasia1513-1874.2009.35.170](https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2009.35.170)>. Acesso em: 14 jul 2012.

VILPOUX, O. F.; OLIVEIRA, M. A. C. Agricultura familiar e desenvolvimento sustentável. In: VILPOUX, O. F. (Org.) **Sustentabilidade e agricultura familiar**. Curitiba: CRV, 2011.

VILPOUX, O. F. Desempenho das governanças e minimização dos custos de transação: transações entre produtores e fecularias de mandioca. **Revista de Economia e Sociologia Rural** (Impresso), Piracicaba, v.49, n. 02, p. 271-294, 2011.

VILPOUX, O. F. Arranjos institucionais nas transações entre produtores e fecularias de mandioca: abordagem pela economia dos custos de transação. **Informe Gepec**, Toledo, v.14, n.1, p. 127-146, jan./jun. 2010.

VILPOUX, O.F.; OLIVEIRA, E.J. Instituições Informais e Governanças em Arranjos Produtivos Locais. **Revista de economia contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 14 n.1, p. 85-111, jan/abr. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S1415-98482010000100005&lng=en&nrm=iso&tlang=pt>. Acesso em: 14 jul 2012.

VILPOUX, O. F. Competitividade da mandioca no Brasil, como matéria-prima para amido. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.38, n.11, p. 27-38, nov. 2008.

VILPOUX, O. F. Avaliação dos sistemas de coordenação entre produtores e fecularias de mandioca através a economia dos custos de transação. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45, 2007, Londrina, **Anais eletrônicos...** Brasília: SOBER, 2007. p. 1051-1071 Disponível em: <<http://www.sober.org.br/>>. Acesso em: 6 fev. 2011.

VILPOUX, O. F. **A cadeia de mandioca no Brasil**. Campo Grande: SEBRAE - MS, 2006. 82 p.

VILPOUX, O. F. **Etude des coordinations verticales entre entreprises transformatrices de manioc et producteurs agricoles au sud du Brésil**. 1997, 215f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Institut National Polytechnique de Lorraine, Cergy-Pontoise (França), 1997.

ZHANG, Z.; LI, K.; HUANG, J.; YE, J.; LU, X. Development situation and strategy of cassava industrial in China: development revelation of cassava industrial in Wuming of guangxi. **Guangxi Agriculture Science**. v. 37, n. 6, p. 743-747, 2006.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão da bibliografia demonstrou a importância e o potencial da utilização das geotecnologias no setor da mandioca no Brasil para reduzir a incerteza na oferta de matéria-prima.

A metodologia de identificação manual pode ser colocada em prática pelo setor e novos testes devem ser iniciados para identificar uma maneira que possibilite a identificação automática da mandioca.

A identificação pelo método manual é possível, pois o analista consegue visualmente identificar os plantios de mandioca, utilizando técnicas de foto-interpretAÇÃO e de sensoriamento remoto. No método automático, não supervisionado, é apenas o computador que realiza a identificação, utilizando os dados inseridos no *software* e as informações de parâmetros inseridas pelo analista no computador. No método manual é utilizada imagem do satélite, no método automático é gerada uma nova imagem temática, como base nas informações da imagem do satélite. Na pesquisa realizada, o método automático não supervisionado não funcionou devido a média resolução espacial das imagens, que não permitiu que o *software* realizasse a diferenciação dos cultivos de mandioca.

O método manual poderá ser empregado nas áreas produtoras de mandioca industrial para feúlarias, onde as áreas médias de produção são maiores. Esse método permite obter resultados confiáveis e seguros das áreas plantadas com mandioca, mas sua limitação consiste na demora em gerar os resultados, que depende da capacidade do analista em produzir os resultados.

O método automático poderia oferecer informações mais rápidas, com menor quantidade de analistas para estimar uma grande área produtora de mandioca. No entanto, a classificação automática, não supervisionada, devido a peculiaridade da planta de mandioca e a resolução espectral, não permitem uma classificação de qualidade, pois muitas classes são geradas dentro do mesmo plantio de mandioca, devido as diferenças espetrais do plantio. Esses problemas deverão ser resolvidos antes de pensar em utilizar o geoprocessamento na

avaliação da produção nacional de mandioca industrial, com o objetivo de diminuir as variações de preço.

A análise baseou-se em imagens do satélite Landsat 5, que a qualquer momento deverá parar de fornecer imagens. Nesse caso, é necessária a realização de pesquisas futuras, aplicando as técnicas de identificação dos plantios de mandioca desenvolvidas nessa dissertação, em outros tipos de sensores remotos. Outros sensores com maior resolução espacial e espectral seriam ideais, mas sensores próximos do TM/Landsat 5, como os sensores dos Satélites SPOT e CBERS, poderiam também ser testados, com resultados que deveriam se aproximar daqueles obtidos nessa pesquisa.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAM. **Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca.** 2011. Em <www.abam.com.br>. Acesso em: 01 Nov. 11.
- ABRAMOVAY, Ricardo. Agricultura familiar e uso do solo. In: **São Paulo em Perspectiva**, v.11, n.02, p.73-78, abril/jun. 1997.
- ADAMI, M.; MOREIRA.; M. A.; RUDORFF, B. F. T.; FREITAS, C. C.; FARIAS, R. T. Expansão direta na estimativa de culturas agrícolas por meio de segmentos regulares. **Revista Brasileira de Cartografia**. n.57/1, p.22-27, 2005.
- ARCOVERDE, G. F. B.; EPIPHANIO, J. C. N.; MARTINS, V. A.; MAEDA, E. E.; FONSECA, L. M. G. Mapeamento de citros: avaliação de classificações por arvora de decisão. **Revista Brasileira de Cartografia**. n. 62/01, 2010. ISSN 0560-4613.
- BRASIL. A Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006. **Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/Lei/L11326.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm). Acesso em: 12 out. 2010.
- BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment.** Oxford University Press, Oxford, 194 p., 1986.
- CARDOSO, C. E. L.; BARROS, G. S. C. Competitividade no segmento agrícola da cadeia de fécula de mandioca. In: XLII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 2004, Cuiabá. **Anais do XLII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural.** Rio de Janeiro: Sober, 2004. p. 1-21.
- CARDOSO, C.E.L. **Competitividade e inovação tecnológica na cadeia agroindustrial de fécula de mandioca no Brasil.** 2003. 188 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2003.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas. Aplicações na agricultura.** Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 1998.cap.01, p.3-11.

CIRANI, C. B. S.; MORAES, M. A. F. D. **Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção das tecnologias de agricultura de precisão.** Revista de economia e sociologia rural. 2011.

CHAO, Z.; XIAODONG, Z.; JIANYU, Y.; HAIXIA, L.; DEHAI, Z.; WANBIN, Z.; Evaluation of cassava planting potential with remote sensing and GIS. **New Zealand Journal of Agricultural Reserch**, New Zealand, v. 50, 2007.

EIUMNOH. A.; SHRESTHA, R. P. A Study on Estimation of Cassava Area and Production Using Remote Sensing and Geographic Information Systems in the Northeast Region of Thailand. **Southeast Asian Studies**, v. 37, n.3, 1999.

EL-SHARKAWY, M.; COCK, J. H.; PORTO, M. C. M. Características fotossintéticas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasil, v. 1, n. 2, 1989.

FAOSTAT. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 24 Jan. 12.

IFAD. **The global cassava development strategy and implementation plan**. Rome, v. 1, 2001.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Editores técnicos). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2004. 416p., ISBN 85-7383-230-4

GOEBEL, M.A. **Organização e coordenação do sistema agroindustrial da mandioca na microregião Oeste do Paraná**. 2005. 148 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio), Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Toledo, 2005.

GUANZIROLI, C. O porquê da reforma agrária. **Econômica**. v. 4. n. 1, p. 5-24, junho 2002.

FELIPE, I. F.; ALVES, L. R. A.; CARDOSO, C. E. L.; GEROTO, C. L. Organização e coordenação na indústria de fécula de mandioca no Brasil sob a ótica da economia dos custos de transação. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 48, 2010, Campo Grande, **Anais eletrônicos...** Brasília: SOBER, 2010. Disponível em: <http://www.sober.org.br/>. Acesso em: 6 fev. 2011.

FONTANA, D.C.; WEBER, E.; DUCATI, J.R.; FIGUEIREDO, D.C.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A. Monitoramento e previsão de safras no Brasil. [CDROM]. In: SIMPOSIO LATINO AMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA. 9. Puerto Iguazú. **Anais**. 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema IBGE de recuperação automática - SIDRA**. 2012. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>.

Acesso em: 23 jan. 2012.

KIMURA, D.; Land use in shifting cultivation: the case of the Bongando (NGANDU) in Central Zaire. **African Study Monographs**. 1998.

KONECNY, G. **Geoinformation**: Remote sensing, photogrammetry and geographic information systems. Taylor & Francis. London and New York. 2003.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: Editora UNESP, 2008.

NAVARRO, Z. Desenvolvimento rural no Brasil: os limites do passado e os caminhos do futuro. **Estudos Avançados**. 2001.

NOVO, E. M. L. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2008.

NOGUEIRA, A. C. L. Risk perception and management for cassava starch producers in Brazil. In: IX Conference of International Food and Agribusiness Management Association, 1999, Florença. **Proceedings of IX Conference of International Food and Agribusiness Management Association**. Florença : IAMA, 1999.

OLALDE, Alicia Ruiz. **Agricultura Familiar e Desenvolvimento Sustentável**. <http://www.ceplac.gov.br/radar/Artigos/artigo3.htm>. 2004.

OTSUBO, A. A. **Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil**. Dourados: Embrapa. 2004. 116p., 21cm. (Sistemas de Produção, 6). ISSN 1676-4129.

PEIXOTO, C. P. Mandioca. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. (Coord.). **Ecofisiologia de cultivos anuais**: trigo, milho, soja, arroz e mandioca. São Paulo: Nobel, 1999. ISBN 85-213-1078-1.

PCI Geomatics. Versão 10.1 for Windows. Ontário, Canadá. 2007.

RAMIREZ, M. R.; SOUZA, J. M. Sistema gerenciador de banco de dados em sistemas de informações geográficas. In: MEIRELLES. M. S. P.; CÂMARA, G., ALMEIDA, C. M. **Geomática: modelos e aplicações ambientais**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 55-103.

RICHARDS, J. A.; JIA, X. **Remote sensing digital image analysis**: an introduction. Germany. Springer. 4 ed. 2006.

RICHARDS, J.A. **Remote Sensing Digital Image Analysis**, Second Edition, New York: Wiley, 1993.

RINALDI, R. N.; ROCHA JUNIOR, W. F.; SOUZA, E. F.; STADUTO, J. A. R. A cultura da mandioca na Região Oeste do Paraná: Um estudo da coordenação da cadeia sobre a ótica da

teoria dos contratos. **Organizações Rurais e Agroindustriais**. Lavras, v.7, n.2. Mai/Ago. 2005.

RIZZI, R.; RUDORFF, B. F. T. Estimativa da área de soja no Rio Grande do Sul por meio de imagens Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**. 2005.

RÓS, A. B.; HIRATA, A. C. S.; ARAÚJO, H. S.; NARITA, N. Crescimento, fenologia e produtividade de cultivares de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 41. 2011.

RUDORFF, B. F. T.; BERKA, L. M. S.; XAVIER, A. C.; MOREIRA, M. A.; DUARTE, V. ROSA, V. G. C. SHIMABUKURO, Y. E. **Estimativa de área plantada com cana-de-açúcar em municípios do estado de São Paulo por meio de imagens de satélites e técnicas de geoprocessamento safra 2003/2004**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

São José dos Campos. 2004. INPE – 10791- RPQ/759.

SANCHES, I. D.; EPIPHANIO, J.C.N.; FORMAGGIO, A. R. Culturas agrícolas em imagens multitemporais do satélites Landsat. **Agricultura São Paulo**, São Paulo, v. 52, n.1, p 83-96. 2005.

SANO, E. E.; ASSAD, E. D.; ORIOLI, Á. L. Monitoramento da ocupação agrícola. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas. Aplicações na agricultura**. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 1998.cap.01, p.179-190.

SANTOS, A. O.; VALERIANO, M. M.; MAZIERO, J. V. G.; CAVALLI, A. C. Opportunities and limitations for the application of simulation and modeling as a support for precision farming. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 23, n.6, p. 1509-1517, 2001.

SCHOWENGERDT, R. **Remote sensing: models and methods for image processing**. Elsevier. 3 ed. 2007

SILVA, K. V. P.; ALVES, A. A. C.; MARTINS, M. I. G.; MELO, C. A. F.; CARVALHO, R. Variabilidade genética entre acessos do gênero *Manihot* por meio de marcadores ISSR. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 46. n. 9. 2011.

SON, N. T. Relation between land-use chance and rural income determinants: a case study of policy implication in Tri Ton, Vietnam. **The Electronic Journal on Information Systems in Developing Countries**. 2007.

TIENWONG, K.; DASANANDA, S.; NAVANUGRAHA, C. Integration of land evaluation and the analytical hierarchical process method for energy crops in Kanchanaburi, Thailand. **Science Asia**. 2009.

VAN DE, N.; DOUGLAS, I.; MCMORROW, J.; LINDLEY, S.; THUY BINH, D. K. N.; VAN, T. T.; THANH, L. H.; THO, N. Erosion and nutrient loss on sloping land under intense

cultivation in Southern Vietnam. **Geographical Research**, 46: 4–16. doi: 10.1111/j.1745-5871.2007.00487.x, 2008.

VILPOUX, O. F.; OLIVEIRA, M. A. C. Agricultura familiar e desenvolvimento sustentável. In: VILPOUX, O. F. (Org.) **Sustentabilidade e agricultura familiar**. Curitiba, CRV, 2011.

VILPOUX, O. F. Desempenho das governanças e minimização dos custos de transação: transações entre produtores e fecularias de mandioca. **Revista de Economia e Sociologia Rural** (Impresso), Piracicaba, v.49, n. 02, p. 271-294, 2011.

VILPOUX, O. F. Arranjos institucionais nas transações entre produtores e fecularias de mandioca: abordagem pela economia dos custos de transação. **Informe Gepec**, Toledo, v.14, n.1, p. 127-146, jan./jun. 2010.

VILPOUX, O.F.; OLIVEIRA, E.J. Instituições Informais e Governanças em Arranjos Produtivos Locais. **Rev. econ. contemp.** Rio de Janeiro, vol.14 no.1, Jan/Abr. 2010.

VILPOUX, O. F.. Competitividade da mandioca no Brasil, como matéria-prima para amido. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.38, n.11, nov. 2008.

VILPOUX, O. F. Avaliação dos sistemas de coordenação entre produtores e fecularias de mandioca através a economia dos custos de transação. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45, 2007, Londrina, **Anais eletrônicos...** Brasília: SOBER, 2007. Disponível em: <http://www.sober.org.br/>. Acesso em: 6 fev. 2011.

VILPOUX, O. F. **A cadeia de mandioca no Brasil**. Campo Grande: SEBRAE - MS, Campo Grande, 2006. 82 p.

VILPOUX, O. F. **Etude des coordinations verticales entre entreprises transformatrices de manioc et producteurs agricoles au sud du Brésil**. Tese (doutorado em Engenharia de Produção) – Institut National Polytechnique de Lorraine (INPL). Cergy-Pontoise (França): INPL, 1997.

ZHANG, Z.; LI, K.; HUANG, J.; YE, J.; LU, X. Development situation and strategy of cassava industrial in China: development revelation of cassava industrial in Wuming of guangxi. **Guangxi Agriculture Science**. 37(6), 743-747, 2006.