HELOÍSA RODRIGUES NASCIMENTO
YOLANDA VIEIRA DE ABREU

GEOTECNOLOGIAS E O PLANEJAMENTO DA AGRICULTURA DE ENERGIA

Digitized by Google

Heloísa Rodrigues Nascimento
Yolanda Vieira de Abreu

GEOTECNOLOGIAS E O PLANEJAMENTO DA AGRICULTURA DE ENERGIA

Palmas/TO
Brasil - 2012

Digitized by Google

GEOTECNOLOGIAS E O PLANEJAMENTO DA AGRICULTURA DE ENERGIA

Publicado por: eumed.net . Universidad de Málaga. Málaga. Espanha. 2012
http://www.eumed.net/libros/ciencia/2012/4/index.htm.
Consejo Editorial: http://www.eumed.net/libros/consejo.htm

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca da Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Palmas

N244g Nascimento, Heloísa Rodrigues
Geotecnologias e o Planejamento da Agricultura de Energia / Heloísa Rodrigues Nascimento, Yolanda Vieira de Abreu. - Málaga, Espanha: Eumed.Net, Universidad de Málaga, 2012.
145p. : il.

ISBN: 9788415547884.
Nº registro Biblioteca Nacional de Espanha: 201285392.
Referências adicionais: Espanha/Português.
Home Page: http://www.eumed.net/libros/ciencia/2012/4/index.htm.

1. Planejamento da Agroenergia. 2. Geotecnologias. 3. Bioetanol. 4. Biodiesel. 5. Pedro Afonso (Brasil - Tocantins). I. Abreu, Yolanda Vieira de. II. Título.

CDD 333.7

Bibliotecária: Emanuele Santos
CRB-2 / 1309

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Digitized by Google

À

Minha filha

Damaris

Digitized by Google

AUTORES

Prof[a]. MSc. Heloísa Rodrigues Nascimento
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
Palmas/TO, Brasil.
heloisa@ifto.edu.br

Prof[a]. Dr[a]. Yolanda Vieira de Abreu
Núcleo em Interunidades em Desenvolvimento
Econômico, Social e Energético - UFT –TO.
Palmas/TO, Brasil.
yolanda@uft.edu.br

Digitized by Google

"O homem erudito é um descobridor de fatos que já existem,
mas o homem sábio é um criador de valores
que não existem e que ele faz existir".
Albert Einstein.

Digitized by Google

SUMÁRIO

	CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	**9**
1.1	**Por que utilizar as ferramentas das geotecnologias**	**11**
	CAPÍTULO II - GEOTECNOLOGIAS	**13**
2.1	**Sensoriamento Remoto**	**14**
2.1.1	**Resolução espacial, espectral e temporal**	**17**
2.1.2	**Satélite Landsat**	**18**
2.1.3	**Processamento digital de imagens**	**19**
2.1.4	**Registro de imagens ou georreferenciamento**	**20**
2.1.5	**Técnica de realce de imagens**	**21**
2.1.6	**Classificação de imagens**	**22**
2.1.7	**Banco de dados geográficos**	**25**
2.2	**AGROENERGIA**	**27**
2.3	**BIOETANOL**	**29**
2.3.1	**Solo e condições climáticas para a produção de cana-de-açúcar**	**35**
2.3.2	**O Etanol no Estado do Tocantins**	**38**
2.3.3	**Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar**	**41**
2.4	**BIODIESEL**	**43**
2.4.1	**Histórico e aspectos legais do biodiesel**	**43**
2.4.2	**Matérias-primas para a produção de biodiesel**	**46**
2.4.3	**A cultura da soja**	**49**
2.4.4	**Cadeia produtiva do biodiesel**	**55**
2.4.5	**Biodiesel no Estado do Tocantins**	**56**
	CAPÍTULO III - GEOTECNOLOGIAS E O ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE PEDRO AFONSO (TO)	**60**
3.1	**DESCRIÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**	**60**
3.2	**ECONOMIA DE PEDRO AFONSO**	**62**
3.3	**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁREA DE ESTUDO**	**65**
3.3.1	**Geologia**	**65**
3.3.2	**Geomorfologia**	**66**
3.3.3	**Pedologia**	**67**
3.3.4	**Vegetação**	**70**

Digitized by Google

3.3.5	Hidrografia	71
3.3.6	Clima	71
3.4	PROCEDIMENTOS PARA COLETA E TRATAMENTO DE DADOS	72
3.4.1	Imagens Landsat/TM	73
3.4.2	Dados cartográficos	74
3.4.3	Entrada de dados	74
3.4.5	Pré-processamento das imagens	76
3.4.6	Classificação	78
3.4.7	Trabalho de campo	81
3.4.8	Elaboração dos mapas temáticos da área de estudo	82
3.4.9	Estimativa das áreas de agricultura	83
3.4.10	Elaboração do mapa cadastral de imóveis produtores de soja no município de Pedro Afonso	84
3.4.11	Banco de dados geográficos	85
	CAPÍTULO IV - RESULTADOS DA APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DAS GEOTECNOLOGIAS SOBRE O MUNICÍPIO DE PEDRO AFONSO (TO)	88
4.1	PRÉ-PROCESSAMENTO DE IMAGENS	88
4.2	CARTA-IMAGEM DO MUNICÍPIO DE PEDRO AFONSO	88
4.3	CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS	88
4.4	TRABALHO DE CAMPO	97
4.5	ELABORAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS	98
4.5.1	Mapa de geologia e geomorfologia	99
4.5.2	Mapa de pluviosidade	102
4.5.3	Mapa de pedologia	105
4.5.4	Mapa de declividade	114
4.5.5	Mapa de vegetação potencial	118
4.6	ESTIMATIVA DAS ÁREAS DE AGRICULTURA	118
4.7	MAPA CADASTRAL DE IMÓVEIS PRODUTORES DE SOJA NO MUNICÍPIO DE PEDRO AFONSO	121
	CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS DA APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE GEOTECNOLOGIAS SOBRE O MUNICÍPIO DE PEDRO AFONSO (TO)	125
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	128

Digitized by Google

Capitulo I

Digitized by Google

INTRODUÇÃO

A partir da primeira crise do petróleo na década de 1970, surgiram novos conceitos de sustentabilidade ambiental, econômica e social, estabelecendo-se um novo padrão ideal de geração e consumo de energia. No Brasil diversificar a matriz energética foi uma das metas do Governo Federal com a finalidade de diminuir a dependência externa de petróleo. Investir em pesquisa e desenvolvimento de novas fontes de energia, que pudessem substituir o petróleo e ao mesmo tempo fossem mais adequadas às novas exigências da sociedade, foi essencial para àquela época, tanto ambientalmente, quanto como instrumento de equilíbrio da Balança de Pagamentos Brasileira. Dentre as diferentes opções de fontes renováveis de energia disponíveis, optou-se pelo uso e desenvolvimento da biomassa como combustível, que no Brasil já vinha, de alguma forma, sendo utilizada desde a década de 1930.

O governo federal, na década de 1970, lançou programas de estímulos ao desenvolvimento da biomassa como o PROÁLCOOL (Programa Nacional do Álcool) para incentivar o desenvolvimento da produção de etanol e o Pró-óleo – Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos – para o desenvolvimento do biodiesel. Porém, somente o etanol, como combustível, se tornou viável economicamente frente ao uso e preço do petróleo. O PROÁLCOOL, por diversos motivos econômicos, tecnológicos e de logística, foi o que mais se desenvolveu desde aquela época e conseguiu se manter até nossa época. Porém, enfrentou crises na década de 1980, com o fim da ditadura militar, fim dos subsídios aos usineiros, baixa dos preços internacionais do petróleo e mudanças de paradigmas econômicos a nível nacional e internacional, o PROÁLCOOL ficou estagnado colocando em risco sua continuidade.

No entanto, a partir da década de 1990, com o início da guerra entre os Estados Unidos e o Iraque, os preços e a disponibilidade do petróleo voltam a ser instáveis no mercado internacional e os combustíveis produzidos a partir da biomassa, etanol e o biodiesel, retornam a pauta de discussão. Naquele momento, a conscientização em relação à questão ambiental encontra-se em um estágio muito superior ao da década de 1970 e essas fontes de energia ganham espaço frente aos combustíveis fósseis. O etanol, no Brasil, já era um combustível com tecnologia e mercado estabelecidos,

Digitized by Google

porém com o lançamento do automóvel com tecnologia *flex-fuel* (2003) consolidou-se. O biodiesel somente irá ganhar maior espaço com a determinação e obrigatoriedade de porcentagens fixas de mistura deste ao Diesel.

Neste contexto o grande desafio, em relação ao desenvolvimento do uso da biomassa como fonte de energia, é conciliar as áreas de expansão da cana-de-açúcar, oleaginosas e outras que servem de insumo para produção do etanol e do biodiesel com uma ocupação ordenada e sustentável. Esta oportunidade de fortalecimento da agricultura brasileira, através da agroenergia não teria sentido ecológico se não contemplasse princípios de preservação do solo, da água, do ar, da biodiversidade e das diferenças culturais, assim como se não houver a inserção das populações locais, através da geração de empregos e renda (ROSCOE, 2006).

O desenvolvimento da agricultura de energia está vinculado à disponibilização e utilização de terras para a produção de insumo para produção do bioetanol e biodiesel. Neste contexto, decidiu-se estudar e demostrar a importância das ferramentas desenvolvidas pelas geotecnologias para o monitoramento e planejamento da agroenergia. Esta pesquisa utilizou-se, para estudo de caso dados do Município de Pedro Afonso no Estado do Tocantins. Assim foram organizadas e compiladas as informações já disponíveis na SEPLAN-TO, COAPA, ADAPEC e as imagens Landsat 5/TM disponibilizadas pelo INPE para gerar mapas temáticos, carta-imagem, mapa de uso e cobertura do solo, mapa de culturas e mapa cadastral contendo a localização dos imóveis produtores de soja com a utilização dos softwares SPRING e ArcGIS. A partir da integração de todos os dados do projeto obteve-se como resultado um banco de dados geográficos referente ao município de Pedro Afonso (TO).

O município de Pedro Afonso (TO) foi escolhido, como estudo de caso, porque se destaca por ser um dos maiores produtores de soja do Estado. Durante os últimos anos iniciaram-se investimentos destinados à compra ou arrendamento de terras para o cultivo de cana-de-açúcar, destinado a produção de bioetanol, com a instalação da Usina Bunge. No futuro este pode tornar-se um importante pólo de produção de bioenergia no Tocantins, por apresentar condições favoráveis para a produção de

Digitized by Google

etanol e oportunamente de biodiesel, visto que as principais matérias-primas (etanol e oleaginosas) para sua produção estão disponíveis nesta região.

1.1 Porque utilizar as ferramentas da geotecnologia?

A utilização e aplicação das ferramentas desenvolvidas pela geotecnologia vêm do fato que, tanto no espaço urbano, quanto no rural, estas podem ser utilizadas como um meio de controle, conhecimento e coerência em relação ao uso e ocupação da terra. Os dados obtidos por meio destas tecnologias podem ser um importante instrumento para compor o planejamento rural por parte do poder municipal, regional, estadual e federal. O uso das geotecnologias tornam-se atrativos devido aos custos relativamente baixos de implementação, facilidade no desenvolvimento e agilidade na aquisição de resultados. Segundo MENDES; CATELLA; PARANHOS FILHO, 2009 estas ferramentas das geotecnologias podem ser definidas como:

> **"*o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informação, com referência geográfica, sendo compostas por hardware, software e peopleware*" (p.212).**

Estas podem constituir, mas mãos do poder público, poderosas ferramentas para tomadas de decisões e controle em relação a elaboração de zoneamentos ou controle de áreas de produção de energia. Portanto, se tornaram indispensáveis no desenvolvimento de estudos espacial e temporal das feições terrestres globais, regionais e locais, e ainda na organização de dados e informações para o ordenamento do espaço (LIMA; FLORENZANO, 2009; CAMPOS *et al.*, 2009). Segundo Novo (1992), na área da agricultura, as aplicações de sensoriamento remoto podem relacionar-se as atividades de levantamento e caracterização dos solos, identificação e mapeamento de culturas e estimativa de safras agrícolas, para este último, pelo menos dois tipos de dados podem ser fornecidos pelos produtos de sensoriamento remoto: 1) tipo de cultura e 2) a área ocupada pela cultura. Pode-se acrescentar ainda que uma das fontes de dados do sensoriamento remoto são as imagens de satélite, as quais podem ser processadas e resultar em diversos produtos tais como: carta-imagem, mapas temáticos e outros.

Digitized by Google

Capítulo II

Digitized by Google

GEOTECNOLOGIAS

As geotecnologias podem ser descritas como o conjunto de tecnologias que envolvem a coleta, processamento, análise e disponibilização de informação com uma posição definida no espaço, ou seja, com referência geográfica. Dentre as geotecnologias estão o SIG – Sistema de Informação Geográfica, Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto, GPS – Sistema de Posicionamento Global, Aerofotogrametria, Geodésia e Topografia, dentre outros (FAVRIN, 2009).

Segundo Castanho (2006), o entorno das geotecnologias é muito mais amplo do que se estabelece, não somente como mero instrumental para mapeamentos, localizações pontuais e outros, mas sim um conjunto de fatores que levam a resultados almejados por diferentes profissionais. A aplicação das geotecnologias tanto no espaço urbano quanto rural, passa a ser um meio de controle, conhecimento e coerência em relação ao uso e ocupação da terra, tendo em vista a necessidade de planejamento, seja ele ambiental, urbano, agricultura entre outros (CASTANHO; TEODORO, 2010).

De acordo com Monzane (2008), diversas são as possibilidades de aplicações de geotecnologias no agronegócio e agricultura. O uso de softwares específicos e imagens de satélite permitem monitorar e prever safras. Da mesma forma, o conhecimento de coordenadas geográficas possibilita planejamento e uso do solo, gestão das bacias hidrográficas e detecção de pragas.

Em Silva e Silva (2009), foram utilizados dados obtidos via sensoriamento remoto e geoprocessamento para apresentar as vantagens destes em relação aos métodos convencionais para a avaliação de áreas agrícolas no Brasil, com informações sobre a área de plantio, distribuição espacial e temporal de cada região e culturas em desenvolvimento. Uma das vantagens da aquisição de dados utilizando o sensoriamento remoto é o baixo custo e agilidade no fornecimento de informações de dados coletados de sensores remotos.

Digitized by Google

Dentre os trabalhos que utilizam imagens de satélite para levantamento e quantificação da ocupação agrícola de um determinado município, microrregião ou Estado pode-se citar os de Assad; Sano *et al.* (1998), que propôs o monitoramento da ocupação agrícola com sensoriamento remoto e SIG para três municípios maranhenses: Alto Parnaíba, Balsas e Tasso Fragoso. Como produto deste monitoramento obteve-se um mapa de áreas cultivadas através do método da classificação de imagens. A partir desses dados foram geradas tabelas quantificando as áreas cultivadas presentes e suas classes, tais como: arroz, soja, pastagem, milho, caju e áreas preparadas não cultivadas.

Segundo os pesquisadoras Rudorff e Sugawara (2007) realizaram o trabalho de mapeamento da cultura de cana-de-açúcar na Região Centro-Sul via imagens de satélites, obtendo como produto final após a classificação das imagens, um mapa temático contendo os temas: cana-safra, cana-planta expansão e cana-planta-reforma, ou seja, identificando as etapas de cultivo da mesma.

Pode-se observar que diversas pesquisas relacionadas à identificação de culturas, bem como a quantificação da área por elas ocupada estão concentradas principalmente na classificação de imagens adquiridas por sensores ópticos de média resolução espacial, tendo como auxílio informações obtidas em campo através de visitas para validar as informações existentes nas imagens (MEDEIROS; RUDORFF; SHIMABUKURO, 1996; IPPOLIT-RAMILO *et al.*, 2003 *apud* RIZZI, 2004).

2.1 Sensoriamento Remoto

A tecnologia do sensoriamento remoto apresenta um grande potencial tecnológico e de aplicativos que podem ser utilizados na agricultura. Através desta técnica é possível obter informações sobre: estimativa de área plantada, produção agrícola, vigor vegetativo das culturas, além de fornecer subsídios para o manejo agrícola em nível de país, estado, município ou ainda em nível de microbacia hidrográfica ou fazenda (RUDORFF; MOREIRA, 2002).

Digitized by Google

Segundo Florenzano (2002) a origem do Sensoriamento Remoto está vinculada ao surgimento da fotografia aérea. Por isso, sua história pode ser dividida em dois períodos: um de 1860 a 1960, baseado no uso de fotografias aéreas e, outro, de 1960 aos dias de hoje, caracterizado por uma variedade de tipos de fotografias e imagens. O sensoriamento remoto é fruto de um esforço multidisciplinar que integra os avanços da Matemática, Física, Química, Biologia e das Ciências da Terra e da Computação. A evolução das técnicas de sensoriamento remoto e a sua aplicação envolvem um número cada vez maior de pessoas de diferentes áreas do conhecimento.

O Sensoriamento Remoto é definido por Lillesand & Kiefer (1987) *apud* Batista e Affonso (2002, p.27) como

> ***"a ciência e arte de receber informações sobre um objeto, uma área ou fenômeno pela análise dos dados obtidos de uma maneira tal que não haja contato direto com este objeto, esta área ou fenômeno".***

Já segundo Florenzano (2008), o Sensoriamento Remoto é a tecnologia de aquisição, à distância, de dados da superfície terrestre, isto é, por meio de sensores instalados em plataformas terrestres, aéreas ou orbitais (satélites). O sensor capta a energia (radiação eletromagnética) refletida ou emitida pela superfície em diferentes comprimentos de onda ou frequência. A definição clássica do termo sensoriamento remoto refere-se ao conjunto de técnicas destinado à obtenção de informações sobre objetos sem que haja contato físico com eles. Para melhor compreender esta definição, faz-se necessário identificar os quatro elementos fundamentais das técnicas de sensoriamento remoto, os quais podem ser representados através do esquema na figura 2.1 (NOVO; PONZONI, 2001).

Digitized by Google

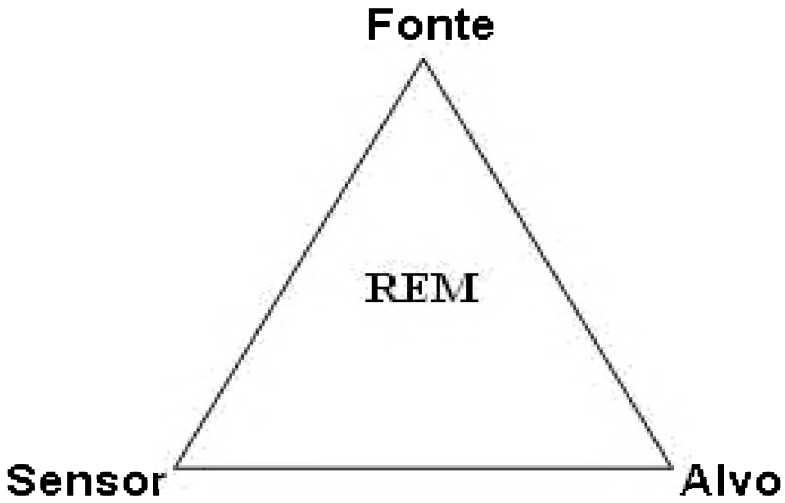


Figura 2.1 - Esquema representativo dos quatro elementos fundamentais das técnicas de sensoriamento remoto
Fonte: Novo; Ponzoni (2001)

No centro do triângulo da figura 2.1, encontra-se a radiação eletromagnética (REM), que é o elemento de ligação entre todos os demais que se encontram nos vértices. São eles, a fonte de REM, que para o caso da aplicação das técnicas de sensoriamento remoto no estudo dos recursos naturais, é o Sol (pode ser também a Terra para os sensores passivos de micro-ondas e termais, podem ser antenas de micro-ondas para os sistemas radares); o sensor, que é o instrumento capaz de coletar e registrar a REM refletida ou emitida pelo objeto, que também é denominado alvo, e que representa o elemento do qual se pretende extrair informação (NOVO; PONZONI, 2001). Os sensores têm por finalidade captar a REM proveniente da superfície terrestre. Segundo a fonte da onda eletromagnética os tipos de sensores podem ser divididos de duas formas: 1)passivos, quando utilizam apenas a REM natural, neste caso o Sol, refletida ou emitida a partir da superfície terrestre e 2) ativos quando estes sistemas utilizam REM artificial, produzida por radares instalados nos próprios satélites. Os sensores cobrem faixas de imageamento da superfície terrestre, cuja largura depende do ângulo de visada do sensor. O sensor *Thematic Mapper* (TM) do satélite Landsat cobre uma faixa de 185 km. Estas faixas são dispostas ao longo da órbita e são varridas, pelo sensor, em linhas transversais ao sentido da órbita. Durante o processo de varredura a REM é decomposta em faixas denominadas bandas espectrais e as linhas são fracionadas em pequenas parcelas quadradas da superfície terrestre, denominadas *pixel* (FIGUEIREDO, 2005).

Digitized by Google

As imagens de sensores remotos, como fonte de dados da superfície terrestre, são cada vez mais utilizadas para a elaboração de diferentes tipos de mapas. Enquanto os mapas contêm informação, as imagens obtidas dos sensores remotos contêm dados brutos, que só se tornam informação após a sua interpretação (FLORENZANO, 2002). Muitos concordam e defendem a aplicação e utilização de dados de sensoriamento remoto no monitoramento e levantamento de recursos naturais renováveis e não-renováveis no planeta Terra (RODRÍGUEZ, 2005). Esse possibilita através da interpretação de imagens de satélite obter de forma rápida e segura um mapeamento temático atualizado e preciso das diferentes estruturas espaciais resultantes do processo de uso e ocupação do solo (Rodriguez (2000).

2.1.1 Resolução espacial, espectral e temporal

Segundo BATISTA e AFFONSO (2002, p.31) a "Resolução é a medida da habilidade que o sistema sensor possui em distinguir objetos que estão próximos espacialmente ou respostas que são semelhantes espectralmente". O termo resolução em sensoriamento remoto apresenta três diferentes parâmetros: resolução espacial, resolução espectral e resolução temporal. Já para FIGUEIREDO (2005, p.13) "A Resolução Espacial é determinada como a menor distância entre dois objetos que o sensor é capaz de identificar como diferentes entre si. Cada sistema sensor tem uma capacidade de definição do tamanho do *pixel*, que corresponde à menor parcela imageada" (FIGUEIREDO, 2005, p.13). Por exemplo, o satélite Landsat possui uma resolução espacial de 30m, o que significa que os objetos distanciados de 30m serão em geral distinguidos pelo sistema. Assim, quanto menor a resolução espacial maior o poder resolutivo, ou seja, maior o poder de distinguir entre objetos muito próximos (BATISTA; AFFONSO., 2002, p.31).

A REM é decomposta, pelos sensores, em faixas espectrais de larguras variáveis. Estas faixas são denominadas bandas espectrais, como apresentado na figura 2.2. "Quanto mais estreitas forem estas faixas espectrais, e/ou quanto maior for o número de bandas espectrais captadas pelo sensor, maior é a resolução espectral da imagem" (FIGUEIREDO, 2005, p.14).

Digitized by Google

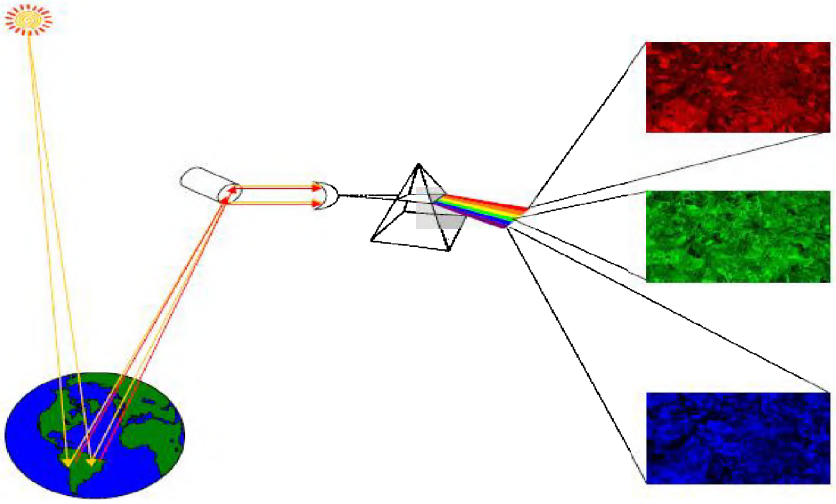


Figura 2.2 - Bandas espectrais
Fonte: Figueiredo (2005, p.14)

O sensor tem ainda uma resolução temporal, isto é, a frequência de imageamento sobre uma mesma área. Assim, enquanto os sensores de baixa resolução temporal levam vários dias ou até meses para captar imagens da mesma área, os de alta resolução temporal captam até diversas imagens por dia, como por exemplo, o sensor a bordo do satélite meteorológico Goes. Ainda como exemplo pode-se citar o satélite SPOT tem uma resolução temporal de 26 dias, e o Landsat tem uma resolução temporal de 16 dias (FLORENZANO, 2008, p.32).

2.1.2 Satélite Landsat

As suas principais aplicações são: acompanhamento do uso agrícola de terras, apoio ao monitoramento de áreas de preservação, atividades energético-mineradoras, cartografia e atualização de mapas, desmatamentos, detecção de invasão de áreas indígenas, dinâmica de urbanização, estimativas de fitomassa, monitoramento da cobertura vegetal, queimadas, secas e inundações entre outros (LIU, 2006).

Este foi lançado no dia 23 de julho de 1972, pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) nos Estados Unidos, com o nome de *Earth Resources Technology Satellite* (ERTS 1). Porém, logo após seu lançamento, o ERTS 1 foi rebatizado como Landsat (*Land Remote Sensing Satellite*). Os satélites Landsat são

Digitized by Google

destinados à exploração dos recursos do planeta Terra. Desde o ano de 1972, foram lançados uma série de Landsat: 1, 2, 3, 4, 5 e 7 (LIU, 2006).

Em princípio, os satélites Landsat 1, 2 e 3 possuem os sensores *Multi Spectral Scanners* (MSS) e os Landsat 4 e 5 possuem *Thematic Map*per (TM) que melhoram sua resolução espacial de 80m para 30m . O Landsat 5 que foi lançado em 1984, ainda está em funcionamento, muito além do seu tempo previsto de vida útil. Atualmente o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) possui um acervo a disposição para a obtenção destas imagens, sem nenhum custo. O principal objetivo do Landsat 5 foi a utilização dos sensores mutiespectrais para geração de mapas da superfície terrestre com média resolução espacial. A antena do INPE em Cuiabá recebe de forma contínua as imagens de todo o território brasileiro, desde os anos setenta. Isso constitui um enorme e único acervo de dados de longo período sobre o Brasil e a América do Sul (LIU, 2006).

O satélite Landsat 5 possui órbita circular, quase polar, sincronizada ao Sol e com uma altitude de 705 Km. Os sensores cobrem a mesma faixa terrestre de 185 km, mas com velocidade maior que 98,2 minutos por órbita e 16 dias para cobrir exatamente a mesma faixa terrestre. O horário de passagem pelo equador é 9h e 27 min (LIU, 2006).

2.1.3 Processamento digital de imagens

Por Processamento Digital de Imagens entende-se a manipulação de uma imagem via computador, de modo que a entrada e saída do processo sejam imagens, com o objetivo de melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais, proporcionando maior facilidade na extração de informações (INPE/DPI, 2001 *apud* Batista; AFFONSO, 2002). É uma análise digital das imagens que engloba uma série de técnicas de manipulação numérica dos dados contidos nas imagens digitais (NOVO, 1992). A função primordial do processamento digital de imagens de sensoriamento remoto é a de fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração das informações contidas nas imagens, para posterior interpretação. Nesse sentido, alguns sistemas são utilizados para atividades interativas de análise e manipulação das

Digitized by Google

imagens brutas. O resultado desse processo é a produção de outras imagens, estas já contendo informações específicas, extraídas e realçadas a partir das imagens brutas (Silva, 2001). As técnicas de processamento digital de imagem podem ser dividas em três etapas: pré-processamento de imagens, realce de imagens e análise de imagem como mostra a figura 2.3. De acordo com Florenzano (2008), o pré-processamento refere-se ao tratamento preliminar dos dados brutos com a finalidade de calibrar a radiometria da imagem, atenuar os efeitos da atmosfera, remover ruídos, corrigir suas distorções geométricas, por meio de georreferenciamento e reamostragem. De modo geral, a correção geométrica compreende três etapas: transformação geométrica, mapeamento inverso e reamostragem.

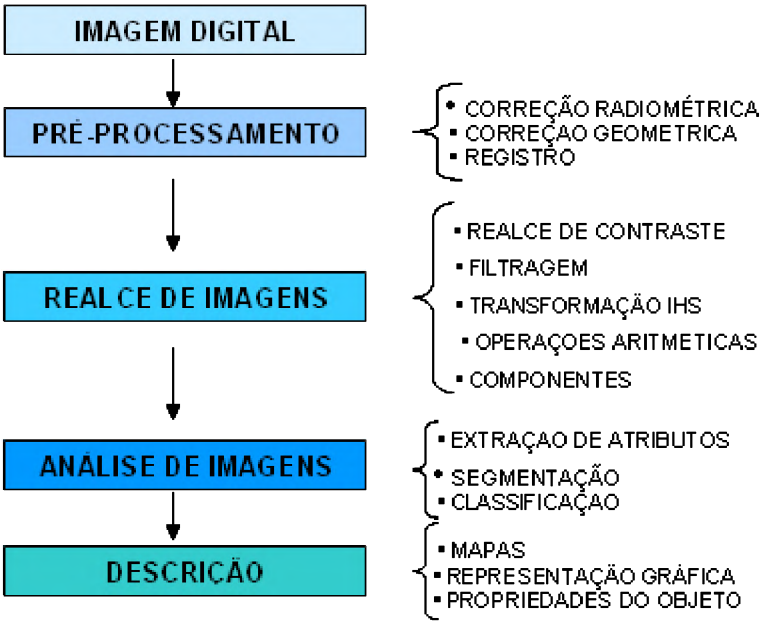


Figura 2.3 - Etapas do processamento digital de imagens
Fonte: Santos, Peluzio e Saito (2010, p.38)

A técnica de realce de imagens modifica, através de funções matemáticas, os níveis de cinza ou os valores digitais de uma imagem, de modo a destacar certas informações espectrais e melhorar a qualidade visual da imagem, facilitando a análise do fotointérprete e enfatizar alguma característica de interesse para aplicação específica (FIGUEIREDO, 2005).

A etapa da análise está relacionada com a extração de informações das imagens e inclui a segmentação e classificação das mesmas. A segmentação de imagens tem por

Digitized by Google

objetivo fragmentar uma região, em unidades homogêneas, considerando algumas de suas características intrínsecas, como por exemplo, o nível de cinza dos pixels, textura e contraste. Já a classificação visa à categorização da cobertura da terra distinguindo as composições de diferentes materiais superficiais, sendo uma segmentação específica usando técnicas de reconhecimento de padrões (SANTOS; PELUZIO; SAITO, 2010).

2.1.4 Registro de imagens ou georreferenciamento

O registro de uma imagem compreende uma transformação geométrica que relacionam coordenadas de uma imagem (linha, coluna) com coordenadas de um sistema de referência (INPE, 2004). A primeira razão para a realização de correção geométrica de imagens é a existência de distorções sistemáticas introduzidas durante a aquisição das imagens. Portanto, a correção geométrica trata, prioritariamente, da remoção dos erros sistemáticos presentes nas imagens (D'Alge, 2001).

O processo de georreferenciamento é fundamental para a solução de diversos problemas práticos na área de sensoriamento remoto, tais como: integração de uma imagem à base de dados existente num SIG; aplicação na área de cartografia, uso da terra, geografia, que exigem alta precisão geométrica ou fidelidade com respeito à cena, fusão de imagens adquiridas por sensores diferentes, aplicações relacionadas com a combinação de imagens sobre uma grande área (mosaico) e na análise de dados multitemporais (imagens adquiridas em épocas diferentes). Para que a precisão cartográfica seja avaliada em imagens de sensoriamento remoto, faz-se necessário que as mesmas sejam corrigidas das suas distorções e os elementos que as constituem fiquem referidos a algum sistema de coordenadas (QUEIROZ, 2003).

Para a realização do registro podem-se utilizar transformações polinomiais de 1º e 2º grau. O modelo polinomial utiliza equações para estabelecer uma relação entre coordenadas de imagem e coordenadas geográficas, através de pontos de controle. Os pontos de controle são feições homólogas facilmente identificáveis (confluência de rios, cruzamento de estradas etc.) tanto na imagem de interesse, quanto no sistema de referência (cartas topográficas, mapas digitais, imagem previamente registrada etc.).

Digitized by Google

O desempenho desse modelo depende da distribuição e da exatidão das coordenadas dos pontos de controle, bem como da adequação da função polinomial escolhida (Crósta, 1992 *apud* RIZZI, 2004).

2.1.5 Técnica de realce de imagens

A técnica de realce de imagens tem por objetivo modificar, através de funções matemáticas os níveis de cinza ou os valores digitais de uma imagem, de modo a destacar certas informações espectrais melhorando a qualidade visual, facilitando a análise do intérprete. Na prática esta técnica modifica a escala de cinza de uma imagem, sendo uma operação pontual em que o novo valor do ponto depende apenas do valor antigo deste ponto. Para tanto, o usuário deve manipular o histograma original de uma imagem, distribuindo melhor os níveis de cinza ao longo de sua escala (SANTOS; PELUZIO; SAITO, 2010).

2.1.6 Classificação de imagens

A classificação, em sensoriamento remoto, significa a associação de pontos de uma imagem a uma classe ou grupo de classes. Estas classes representam as feições e alvos terrestres tais como: água, lavouras, área urbana, reflorestamento, cerrado, etc. A classificação de imagens é um processo de reconhecimento de classes ou grupos cujos membros exibem características comuns. Uma classe poderia ser, por exemplo, soja, um grupo de classes poderiam ser áreas cultivadas (FIGUEIREDO, 2005).

Ao se classificar uma imagem, assume-se que objetos/alvos diferentes apresentam propriedades espectrais diferentes e que cada ponto pertence a uma única classe. Além disso, os pontos representativos de uma classe devem possuir padrões próximos de tonalidade, de cor e de textura (FIGUEIREDO, 2005). O resultado final da classificação de uma imagem é o mapa temático, onde os *pixels* classificados são representados por símbolos gráficos ou cores. A classificação pode ser supervisionada ou não-supervisionada (BATISTA; AFFONSO, 2002).

Digitized by Google

Na classificação não-supervisionada o classificador não utiliza a priori nenhum conhecimento sobre as classes existentes na imagem e define, sem a interferência do analista, a estratificação da cena, atribuindo a cada *pixel* uma determinada classe. O algoritmo define estas classes com base em regras estatísticas pré-selecionadas (VENTURIERI; SANTOS, 1998).

Na classificação supervisionada o usuário seleciona amostras representativas para cada uma das classes que se deseja identificar na imagem. Assume-se que as classes podem ser descritas por uma função densidade de probabilidade e, portanto, descritas por seus parâmetros estatísticos. Estes parâmetros são estimados através do conjunto de amostras de treinamento, previamente estabelecidos. Entre os métodos de classificação supervisionada, destacam-se o paralelepípedo e o máxima verossimilhança, ou MAXVER, como sendo os mais utilizados (BATISTA; AFFONSO, 2002).

No método do paralelepípedo, a mais simples das classificações supervisionadas e de maior rapidez computacional, as "assinaturas" das classes são estabelecidas pelo exame dos histogramas, que compõem os atributos espectrais individuais dos dados contidos nas amostras de treinamento. Os limites inferior e superior do histograma são identificados e utilizados para descrever a amplitude dos valores de brilho característica de cada componente temática na imagem orbital. Para Crósta (1992) *apud* Venturieri e Santos (1998), no paralelepípedo definido pelo nível de cinza mínimo e máximo do conjunto de treinamento, os lados desta figura geométrica constituem os limites de decisão de determinada classe. Assim, todos os *pixels* contidos neste intervalo serão rotulados como pertencentes a esta classe específica. Um aspecto que afeta o desempenho deste método é a correlação existente entre bandas ópticas dos sensores atualmente disponíveis, principalmente aquelas na região do visível (VENTURIERI; SANTOS, 1998).

MAXVER é o método de classificação "*pixel* a *pixel*" mais utilizado em dados de sensoriamento remoto. Este método considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos, para que o mesmo seja suficiente é necessário um número razoavelmente elevado de "*pixels*",

Digitized by Google

para cada conjunto de treinamento. Os conjuntos de treinamento definem o diagrama de dispersão das classes e suas distribuições de probabilidade, considerando a distribuição de probabilidade normal para cada classe de treinamento (BATISTA; AFFONSO, 2002).

Embora os diferentes métodos de classificação possam retornar resultados que auxiliem no mapeamento das classes de uso do solo representadas em uma imagem de sensoriamento remoto, sempre irão ocorrer erros na classificação. Tais erros ocorrem por omissão ou inclusão de áreas em uma determinada classe temática. Para contorná-los os softwares especializados possuem ferramentas específicas que permitem ao usuário alterar, manualmente, um ou um grupo de *pixels* erroneamente classificados para a classe temática correta (RIZZI, 2004).

Na interpretação visual, além das características espectrais dos alvos presentes na imagem, o usuário leva em conta outros aspectos que não são considerados pelo algoritmo classificador. Em outras palavras, o usuário consegue observar de forma integrada as características espectrais, temporais, texturais e principalmente espaciais da imagem. Além disso, o conhecimento prévio das informações acerca da área em estudo, adquiridas por visitas *in situ* ou em uma base de dados, facilita consideravelmente a interpretação visual das imagens (RIZZI, 2004).

De acordo com Florenzano (2008), as imagens obtidas por sensoriamento remoto são interpretadas com base nos elementos de interpretação: tonalidade, cor, textura (impressão de rugosidade), tamanho, forma, sombra, altura, padrão (arranjo espacial dos objetos), localização e contexto. A mesma autora mostra exemplos de chaves de interpretação de objetos representados em composições coloridas, obtidas com as imagens TM- Landsat 5 e ETM-Landsat-7 dos canais três, quatro e cinco, com as cores azul (B), verde (G) e vermelha (R): 3(B), 4(G), 5(R). A seguir no tabela 2.1 estão os principais objetos e as chaves de interpretação que podem auxiliar em trabalhos que utilizam a interpretação das imagens.

Digitized by Google

Tabela 2.1 - Exemplos de chaves de interpretação de objetos representados em composições coloridas, obtidas com as imagens TM-Landsat 5 e ETM-Landsat-7, 3(B), 4(G), 5(R)

Objeto	Chave de interpretação
Área Urbana	Cor magenta (rosa); textura ligeiramente rugosa; forma irregular; localização junto a rodovias.
Solo Exposto	Cor magenta (dependendo do tipo de solo, pode ser bem claro, tendendo ao branco); textura lisa; forma regular; localização junto de áreas urbanas ou áreas agrícolas (preparadas para cultivo ou recém-colhidas).
Área agrícola	Cor magenta (solo preparado ou cultura colhida), verde-claro (cultura em estágio inicial) e verde mais forte (cultura sadia e madura); textura lisa; forma regular/geométrica; padrão de talhões (divisão em parcelas); presença de sombras (áreas escuras) em culturas mais altas.
Área de mata	Cor verde-escuro; textura rugosa; forma irregular.
Área de Pastagem	Cor magenta (solo preparado e pastagem seca) e verde (pastagem densa e verde); textura lisa (pastagem plantada) e ligeiramente rugosa (pasto sujo); forma irregular.
Corpos d'água (rios, lagos, e outros)	Cor azul (material em suspensão) ou preta (água limpa); textura lisa; forma irregular, linear retilínea ou curvilínea para rios.

Fonte: Florenzano (2008, p. 52 - 53)

2.1.7 Banco de dados geográficos

Segundo Medeiros e Pires (1998) um banco de dados é um conjunto de arquivos estruturados de forma a facilitar o acesso a conjuntos de informações que descrevem determinadas entidades do mundo. Assim por exemplo, um banco de dados de funcionários de uma firma contém tipicamente ao menos dois arquivos: dados pessoais (nome, endereço, CPF, identidade) e dados funcionais (cargo, lotação, data de admissão).

Digitized by Google

Entretanto, os bancos de dados geográficos diferenciam-se dos bancos de dados convencionais por armazenarem dados relacionados com a localização das entidades, além dos dados alfanuméricos. Além da forma de armazenamento (referenciado), as diferenças entre os mesmos abrangem o tipo de operação que pode ser realizada. No caso do banco de dados convencional é possível fazer a consulta para saber o endereço do funcionário X ou Y. Já no banco de dados geográficos é possível saber o endereço do funcionário X e Y e qual a distância entre suas residências, porque este comporta dados de localização (MEDEIROS; PIRES, 1998).

Um sistema de banco de dados é um programa computacional normalmente de grande complexidade e que permite ao usuário mudanças de dados, atualizações, correções de erros e etc. O banco de dados opera com dados: numéricos, alfanuméricos, datas e outros (RODRIGUEZ, 2005).

No caso de sensoriamento remoto o banco de dados geográficos é estruturado na forma de projetos, contendo cada um desses projetos, as informações espaciais e não-espaciais (alfanuméricas) armazenadas, segundo sua categoria, em planos de informações (PI's) conforme a figura 2.4 (MOREIRA, 2003).

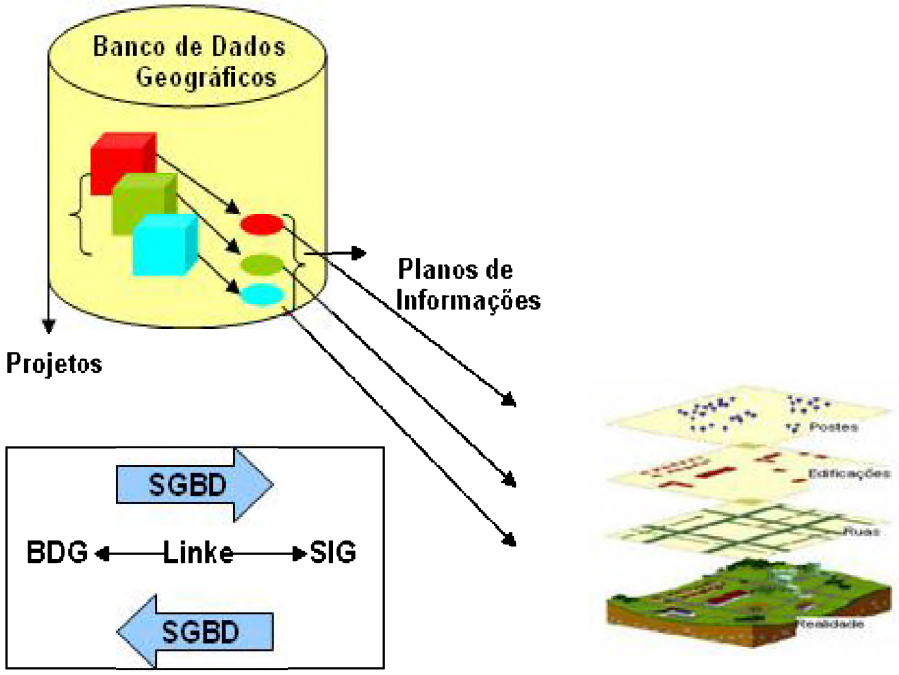


Figura 2.4 - Estrutura e organização de um banco de dados geográficos
Fonte - Adaptado de Moreira (2003, p. 256)

Digitized by Google

De acordo com a figura 2.4, dentro da estrutura do banco de dados geográficos é possível integrar os planos de informação para a geração de mapas que contenham os dados relativos a uma determinada área de estudo, tais como dados cartográficos, fotografias aéreas, imagens de satélites e mapas temáticos e outros, de forma a complementar a análise dos resultados obtidos.

2.2 AGROENERGIA

A partir da crise energética da década de 1960, do Relatório do Clube de Roma e das principais conferências sobre o meio ambiente, a discussão das questões sobre meio ambiente e energia se intensificaram na comunidade científica e na sociedade em geral. A melhoria da eficiência na geração ou produção de energia, assim como dos equipamentos, dos processos e do uso final da mesma foram pautas importantes nestas últimas décadas e lograram obter importantes avanços tecnológicos a fim de diminuir o consumo de recursos naturais e os impactos sobre o meio ambiente (CORTEZ, 2010).

A disponibilidade de energia para o consumo diário de qualquer sociedade humana, em qualquer parte do mundo, é um fator fundamental para a qualidade de vida de seus cidadãos. O carvão mineral e o petróleo têm sido as principais matérias-primas para a geração de energia elétrica no mundo e, por seus preços e facilidade de exploração e transporte, tem assegurado por décadas, o suprimento de fontes energéticas em todos os países. Porém, a partir das crises de petróleo ocorridas na década de 1970, dos constantes conflitos e guerras na principal região produtora de petróleo e da inclusão do novo paradigma, sobre sustentabilidade e meio ambiente, modificou-se o olhar, os conceitos e a relação sobre a utilização de energia proveniente de combustíveis fósseis. Devido a esse novo posicionamento mundial a utilização de fontes renováveis de energia desponta, neste cenário, como uma opção e caminho a ser seguido (MELO; POPPE, 2010).

Para Costa e Prates (2005), energia renovável é uma expressão usada para descrever uma ampla gama de fontes de energia que são disponibilizadas na natureza de forma cíclica, dentre as quais se podem destacar: a biomassa, a energia eólica, a energia

Digitized by Google

solar, a energia das marés e pequenas centrais hidroelétricas. Para que as mesmas estejam inseridas nas políticas de segurança energética dos países é necessário determinar cotas ou porcentagens de utilização das mesmas de forma a garantir a sustentabilidade do sistema energético.

Dentre as fontes de energia renovável destaca-se a biomassa, a qual tem sido matéria-prima utilizada na produção de biocombustíveis e compreende a matéria vegetal gerada pela fotossíntese e seus diversos produtos e subprodutos derivados tais como, florestas, culturas e resíduos agrícolas, dejetos animais, e matéria orgânica contida nos rejeitos industriais e urbanos. Essa matéria-prima contém a energia química acumulada através da transformação energética da radiação solar e pode ser diretamente liberada por meio da combustão, ou ser convertida, através de diferentes processos, em produtos energéticos de natureza distinta tais como, carvão vegetal, etanol, gases combustíveis e de síntese, óleos vegetais combustíveis, dentre outros (EPE, 2008).

A crescente preocupação com o meio ambiente e, em particular, com as mudanças climáticas globais, coloca em risco a própria sustentabilidade do atual padrão de consumo energético. Todos esses fatores, cuja importância diferencia de país para país, vêm criando oportunidades para a viabilização econômica de novas fontes de energia de biomassa. O uso do etanol, biodiesel, carvão vegetal, biogás e energia obtida a partir de resíduos do agronegócio despertam interesse crescente em várias nações, devendo ocupar posição de destaque na economia num futuro próximo (BRASIL, 2007).

Segundo Sachs (2005) se há um país onde a saída da civilização do petróleo é possível, num período de vinte a trinta anos, este país é o Brasil. Porque este possui uma das maiores reservas de biodiversidade do mundo, reserva de terras cultiváveis sem mexer numa árvore da floresta amazônica, climas variados, uma dotação de recursos hídricos entre ótima e razoável na maioria dos territórios e um fator muito importante, uma pesquisa agronômica e biológica de classe internacional, uma indústria capaz de produzir equipamentos para a produção de etanol e para a

Digitized by Google

produção de biodiesel, todos esses elementos contribuem para o desenvolvimento de uma civilização voltada para a produção de energia a partir da biomassa.

A fim de expandir a produção de biocombustiveis de forma planejada e sustentável, o governo federal lançou em 2005, o Plano Nacional de Agroenergia (BRASIL, 2006), coordenado pelo MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e pela Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - a agroenergia consiste na utilização de matérias-primas ou resíduos derivados da biomassa encontrados na natureza ou da produção agrícola voltada à geração de energia, merecendo destaque o etanol, o biodiesel, as florestas energéticas plantadas e o aproveitamento de resíduos agrossilvipastoris. O plano prevê crescimento da participação dessas fontes de energia na matriz energética nacional, especialmente o etanol, um produto já consolidado e economicamente viável (STRAPASSON; JOB, 2006).

2.3. BIOETANOL

A História do emprego do etanol no Brasil data do início do século XX, quando as primeiras tentativas para o uso do álcool em veículos foram realizadas pela Sociedade Nacional da Agricultura (SNA). A ocorrência do desabastecimento de combustível, oriundo da Primeira Guerra Mundial em território europeu, e a queda do preço do açúcar no mercado internacional conseqüência da crise de 1929, fez com que o Presidente Getúlio Vargas instituísse a obrigatoriedade da adição de álcool anidro à gasolina consumida no território nacional através do decreto nº 9.717 de 20 de fevereiro de 1931, à proporção de 5% em volume (MENEZES, 1980 *apud* MARCOCCIA, 2007; LEME, 2004).

Em novembro de 1975, por meio do Decreto nº 76.593, o Presidente Ernesto Geisel criou o Programa Nacional de Álcool (PROÁLCOOL), um programa de incentivo à produção do álcool combustível visando alternativas para enfrentar a crise do petróleo que ameaçava as economias mundiais importadoras do produto. O programa tinha como objetivo garantir o suprimento de etanol no processo de substituição da gasolina. Tinha também como meta apoiar o desenvolvimento tecnológico da indústria sucroalcooleira. Na primeira fase do programa, até 1979, a

Digitized by Google

ênfase foi a produção de etanol anidro para ser misturado à gasolina. Na segunda fase, a ênfase passou a ser o etanol hidratado, usado puro em motores adaptados para o combustível (ANP, 2010).

Entre 1983 e 1988, mais de 90% dos automóveis vendidos no País eram movidos a etanol. Quando os preços do petróleo começaram a cair, no fim da década de 1980, a produção do etanol hidratado declinou. Ao fim da década de 1990, apenas cerca de 1% dos carros vendidos tinham motores a etanol (ANP, 2010).

Porém, depois de um período de incertezas, ao longo da década de 1990, o interesse pelo álcool combustível no Brasil, voltou a ter um papel relevante na matriz energética brasileira, em virtude das novas perspectivas de mercado com as oscilações do preço do petróleo proporcionadas pelos constantes conflitos no Oriente Médio. No Brasil, houve o lançamento dos veículos bicombustível (flex fuel). Externamente, aumentam o interesse em substituir oxigenantes da gasolina altamente poluentes, como o MTBE (metil-butil terciário) e o chumbo tetraetila, pelo álcool; e também cresce o interesse em substituir parte da gasolina por álcool, em virtude das vantagens econômicas que isso poderia propiciar em cenários de alta nos preços do petróleo (LEME, 2004).

Atualmente o Brasil se defronta com a perspectiva de um aumento significativo da demanda de álcool combustível. Essa previsão se sustenta em três realidades de mercado: 1) aumento interno do consumo de álcool hidratado pelo sucesso da tecnologia *flex-fuel* no mercado de veículos automotivos leves; 2) expansão das exportações brasileiras de álcool, em função do crescente interesse mundial pela mistura do álcool à gasolina, como forma de enfrentar o aquecimento global; 3) opção brasileira pela produção do biodiesel, utilizando etanol na transesterificação dos óleos vegetais (BONOMI; FELIPE, 2010).

A Figura 2.5 mostra a evolução da área e produtividade de cana-de-açúcar no Brasil, desde o período do lançamento do Proálcool até o ano de 2008, elaborado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Digitized by Google

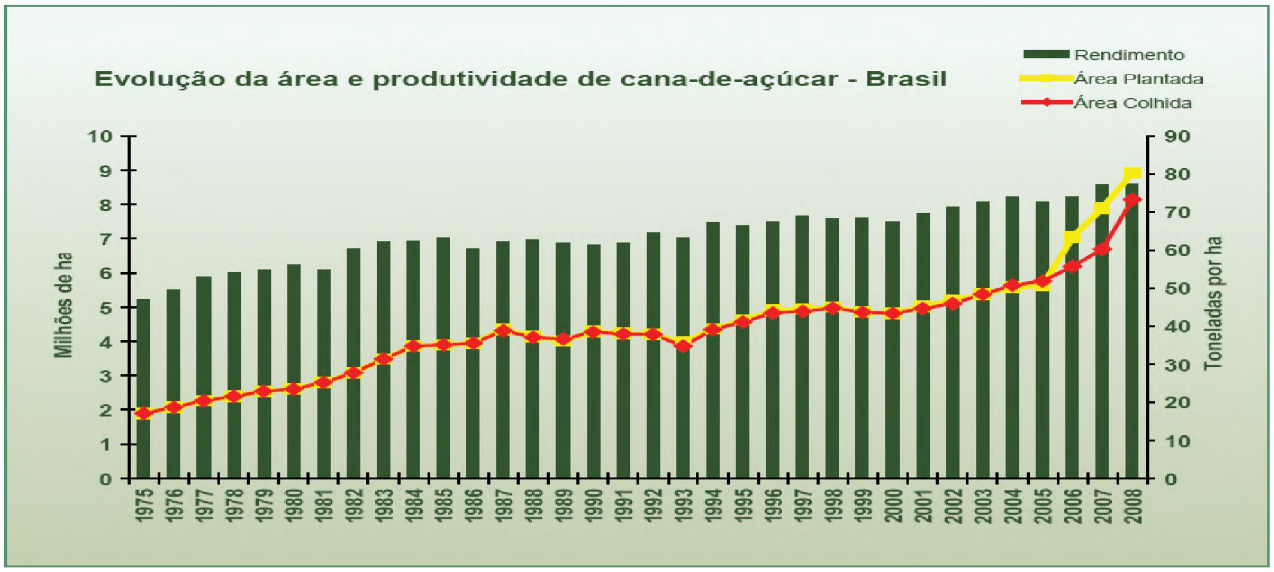


Figura 2.5 - Evolução da área e produtividade de cana-de-açúcar no Brasil
Fonte: BRASIL (2009)

A Figura 2.6 mostra a evolução brasileira de etanol por tipo, sendo dividido em etanol anidro e etanol hidratado no período de 1975/76 ao período de 2008/09, elaborado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

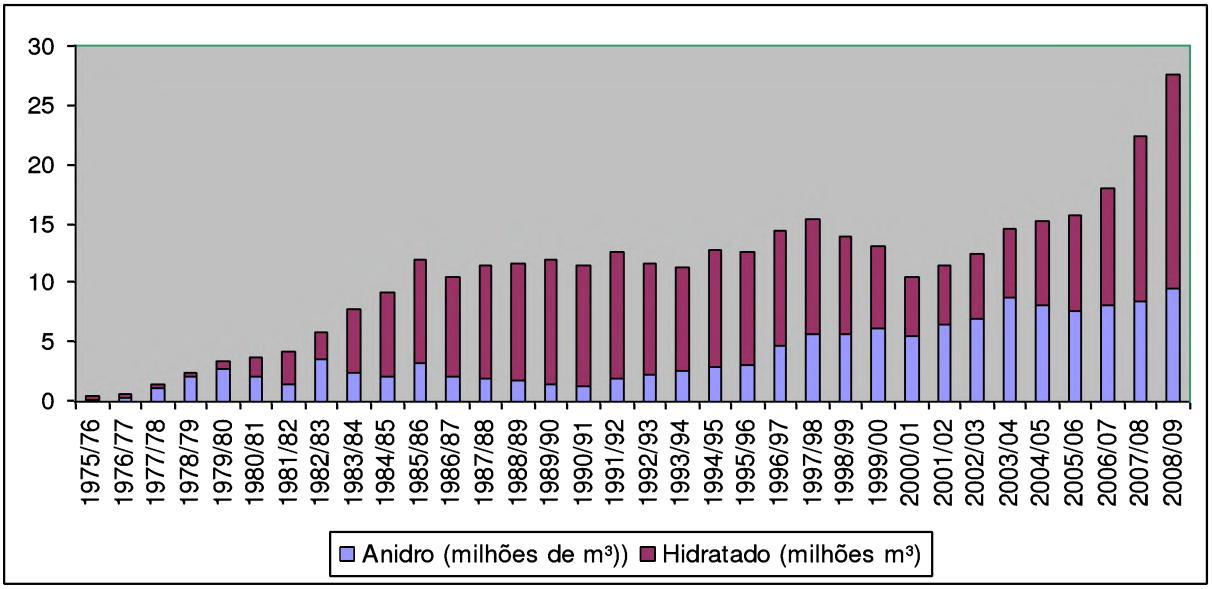


Figura 2.6 - Evolução da produção brasileira de etanol por tipo
Fonte: Elaborado a partir dos dados de BRASIL (2009).

O Brasil possui algumas vantagens na sua produção de etanol, em relação a outros países, como por exemplo, dominar todo o processo de produção de álcool, possuir abundância de terra e mão-de-obra. Tais vantagens o levam a possuir o menor custo de produção do álcool no mundo, porém os Estados Unidos atualmente divide com o

Digitized by Google

Brasil as primeiras posições entre os maiores produtores do mundo. Para que essas vantagens comparativas venham a produzir resultados efetivos no mercado nacional e mundial é necessário continuar investindo em pesquisa e desenvolver cooperação efetiva entre empresários do setor e o governo para extinguir potenciais entraves e problemas oriundos dessa nova expansão do programa do álcool (MICHELLON; SANTOS; RODRIGUES, 2008).

Além de ter os custos de produção mais baixos do mundo, o etanol de cana-de-açúcar produzido no Brasil tem outra vantagem importante: na Região Centro-Sul do País, somente uma unidade de energia fóssil é usada para cada 8 a 9 unidades da energia produzida pelo etanol de cana. A redução das emissões do carbono beneficia-se também do *ethanol* do *sugarcane:* para cada metro cúbico de etanol de cana-de-açúcar usado como combustível, há uma redução de 2,1 a 2,4t de CO_2 (dióxido de carbono), emitido na atmosfera (CRUZ, 2010).

Outra vantagem refere-se à eficiência energética, que é a quantidade de energia produzida em relação à quantidade de energia necessária para produzi-la. Novamente o etanol de cana-de-açúcar apresenta o melhor desempenho. A tabela 2.2 apresenta o balanço energético das principais matérias-primas atualmente utilizadas para a produção de etanol. Observa-se que para a cana-de-açúcar, cada quantidade de energia fóssil utilizada resulta na produção de 8,3 unidades de energia renovável, ou seja, um balanço energético extremamente favorável para esse produto (MORAES, 2008).

Tabela 2.2 – Balanço energético das principais matérias-primas

Matéria-prima	Energia Renovável Produzida/ Energia Fóssil Consumida
Trigo	1,2
Milho	1,3-1,8
Beterraba	1,9
Cana-de-açúcar	8,3

Fonte: Macedo *et al.*, 2006, F.O.Lichts 2004, IEA *apud* MORAES (2008)

Digitized by Google

De acordo com a ÚNICA (2009), a produção de cana-de-açúcar no Brasil concentra-se na Região Centro-Sul, sendo que na safra 2008/2009 correspondeu a aproximadamente a 88,74% enquanto que a Região Norte-Nordeste corresponde a aproximadamente 11,26%.

A possibilidade de se produzir cana-de-açúcar em todo o território nacional representa vantagem para o país, pois o período de safra entre as regiões Centro-Sul e Norte-Nordeste são complementares, permitindo a produção de cana o ano todo. No entanto esse potencial ainda precisa ser desenvolvido, pois a produção é muito concentrada na região Centro-Sul de forma que qualquer adversidade climática que atinja esta região impactará negativamente na produção de álcool e açúcar e afetará os mercados nacional e internacional visto que a produção do Norte-Nordeste está muito aquém do total necessário para atender a demanda (SOUZA, 2006).

A Figura 2.7 mostra a distribuição percentual da produção de etanol anidro e hidratado, segundo grandes regiões no ano de 2009.

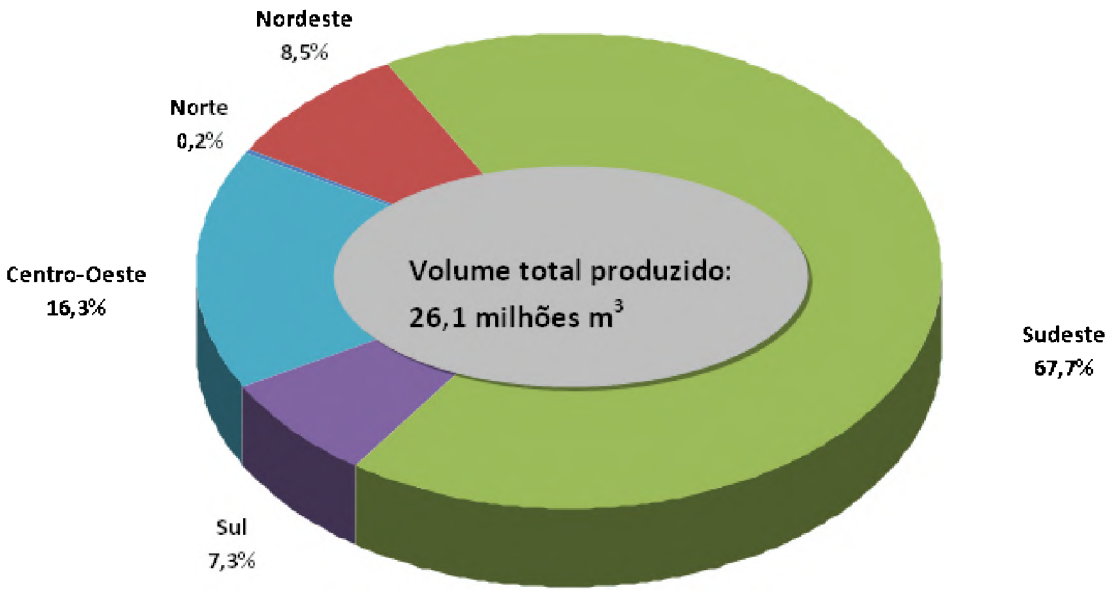


Figura 2.7 - Distribuição percentual da produção de etanol anidro e hidratado nas Grandes Regiões - 2009
Fonte: ANP (2010) elaborado por MAPA, SPAE, DAA

Digitized by Google

Outra importante característica do setor sucroalcooleiro é sua capacidade de utilização da cogeração de energia elétrica, produzindo energia mais que suficiente para o próprio consumo das usinas de açúcar e álcool, na época da safra, mas também produzindo excedentes de energia que são vendidos às redes de distribuição de eletricidade e que dependendo do contrato realizado com a concessionária poderá ser utilizada nas entressafras (FILHO, 2009).

O conceito de cogeração possui diversas definições encontradas na literatura, sendo que muitas se aproximam daquela adotada por Lizzaraga (1994) *apud* Ensinas, Arnão e Nebra (2010) que define esse termo como a "produção conjunta, em processo sequencial de eletricidade (ou energia mecânica) e energia térmica útil".

O processamento da cana-de-açúcar é altamente intensivo no uso de energia, principalmente energia térmica para a concentração do caldo, destilação e desidratação do etanol. No início do Proálcool, grande parte das usinas consumia quantidades consideráveis de lenha para complementar o bagaço como combustível. Além disso, boa parte da energia elétrica necessária à operação da planta era adquirida das concessionárias por preços ainda muito baixos. Hoje, as usinas mais modernas geram excedentes de energia elétrica para a venda e ainda operam com sobra de bagaço (LEAL, 2010).

O progresso do setor sucroalcooleiro observado no Brasil foi baseado no uso de apenas um terço do potencial energético da cana-de-açúcar: o caldo, para produção do açúcar e etanol. Agora estamos no limiar do uso em larga escala dos outros dois terços da planta – o bagaço e a palha – para gerar eletricidade, conhecida como bioeletricidade (JANK; RODRIGUES, 2007).

A bioeletricidade se encontra disponível próxima dos principais centros de consumo, reduzindo os custos de transmissão. Além disso, ela é produzida durante a safra da cana-de-açúcar, que corresponde ao período seco, de maior demanda por eletricidade e maior custo de geração do sistema nacional, sendo altamente complementar à energia gerada pelas hidrelétricas. Ainda se podem listar outras vantagens, tais como: A) energia totalmente renovável; B) de baixo impacto ambiental; C) reduzido prazo

Digitized by Google

para construção (inferior a 30 meses). Tem-se que levar em consideração o aumento do mercado de máquinas, equipamentos, setores comerciais, serviços e industriais para atender a demanda da indústria de bioeletricidade (JANK; RODRIGUES, 2007).

Além disso, as demandas sociais crescentes por uma política energética que valorizasse a minimização do impacto ambiental, a adoção de fontes alternativas de energia e a racionalização do uso de insumos energéticos mostraram a necessidade de investimentos no melhor aproveitamento dos resíduos da cana-de-açúcar. Assim com a eliminação das práticas de queimadas nos canaviais, com a colheita mecanizada e a recuperação de pontas e folhas da cana-de-açúcar, pode representar também um aumento significativo na disponibilidade de biomassa usada como combustível nos sistemas de cogeração, aumentando ainda mais a geração de excedentes (ENSINAS; ARNÃO; NEBRA, 2010).

Portanto, pode-se afirmar que a produção de etanol no Brasil é dinâmico quanto a pesquisa e desenvolvimento (P&D) e tende a ser eficiente e cada vez ambientalmente mais adequado em comparação com os combustíveis fósseis.

2.3.1 Solo e condições climáticas para a produção de cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar pertence ao grupo botânico conhecido como complexo *Saccharum,* foi domesticada pelo homem desde 7.000 a.C. O processo de domesticação foi iniciado na Nova Guiné, e toletes foram levados à Ásia Continental (SOUZA; SLUYS, 2010). Esta é uma planta semiperene com ciclo fotossintético do tipo C4, pertencente ao gênero *Saccharum*, da família das gramíneas, composta de espécies de gramas altas perenes, oriundas de regiões temperadas quentes a tropicais da Ásia, especialmente da Índia. A parte aérea da planta é composta pelos *colmos*, nos quais se concentra a sacarose, e pelas *pontas* e *folhas*, que constituem a palha da cana, como mostra a figura 2.8. Todos esses componentes somados totalizam cerca de 35 toneladas de matéria seca por hectare (BNDES, 2008).

Digitized by Google

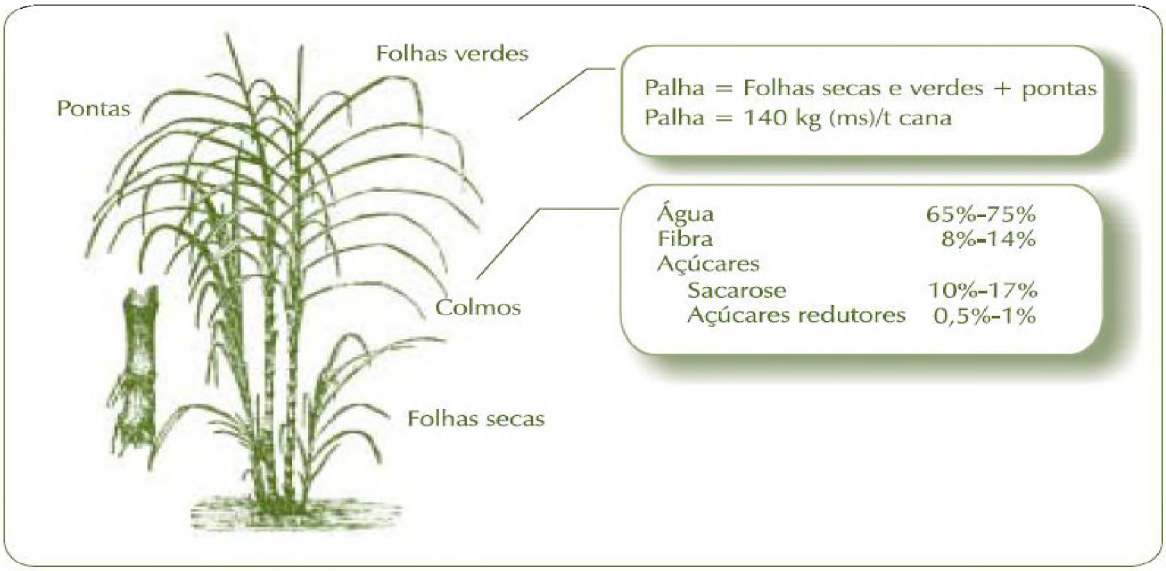


Figura 2.8 – Estrutura típica da cana-de-açúcar
Fonte: Seabra (2008) *apud* BNDES (2008)

Esta é cultivada numa extensa área territorial, compreendida entre os paralelos 35º de latitude norte e sul do Equador, apresentando melhor comportamento nas regiões quentes. O clima ideal é aquele que apresenta duas estações distintas, uma quente e úmida, para proporcionar a germinação, perfilhamento e desenvolvimento vegetativo, seguido de outra fria e seca, para promover a maturação e consequente acúmulo de sacarose nos colmos (AGROBYTE, 2009). As áreas mais próximas de latitudes menores são aquelas onde o déficit hídrico é bastante pronunciado, devido à distribuição de chuvas mais concentrada ao longo do ciclo e também pelas temperaturas máximas mais elevadas, que concorrem para uma maior evapotranspiração, afetando o acúmulo de biomassa de cana-de-açúcar. Os principais componentes climáticos que controlam o crescimento, a produção e qualidade da cana são temperatura, luz e umidade disponível (CAMARGO; CAMARGO, 2005).

No Brasil, a cana-de-açúcar é plantada em solos bastante diversificados, tais como os latossolos, argissolos, nitossolos, cambissolos, neossolos, vertissolos, plintossolos, chernossolos, etc, Dentro de cada uma dessas classes há também uma grande variabilidade na potencialidade química, conferindo aos mesmos os caracteres eutróficos, mesotróficos, distróficos, ácricos, mesoálicos e álicos a este universo (PRADO, 2008 *apud* LANDELL *et al.*, 2010).

Digitized by Google

Para trabalhar com segurança em culturas semi-mecanizadas, que constituem a maioria das nossas explorações, a declividade máxima deverá estar em torno de 12% ; declividade acima desse limite apresenta restrições às práticas mecânicas. Para culturas mecanizadas, com adoção de colheitadeiras automotrizes, o limite máximo de declividade cai para 8 a 10% (AGROBYTE, 2009).

O ciclo completo de produção da cana-de-açúcar é variável, dependendo do clima local, de variedades e práticas culturais. No Brasil, o ciclo é, geralmente, de seis anos, dentro do qual ocorrem cinco cortes, quatro tratos de soqueiras e uma reforma, como se explica a seguir. De forma geral, o primeiro corte é feito 12 ou 18 meses após o plantio (dependendo da cana utilizada), quando se colhe a chamada cana-planta. Os demais cortes, quando se colhe a cana-soca resultante da rebrota, são feitos uma vez por ano, ao longo dos quatro anos consecutivos, com redução gradual da produtividade, até que se torne economicamente mais interessante reformar o canavial do que efetuar um novo corte. Substitui-se, então, a cana antiga por um novo plantio e inicia-se um novo ciclo produtivo. Nessa reforma do canavial, a área cultivada fica alguns meses em descanso e pode receber outros cultivos de ciclo curto, como leguminosas (BNDES, 2008).

As regiões de expansão da canavicultura brasileira são caracterizadas como regiões de cerrado, como o oeste e noroeste do Estado de São Paulo, o Triângulo Mineiro, o leste do Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins, Maranhão e oeste da Bahia. Embora em latitudes diferentes, essas regiões apresentam algumas peculiaridades quando comparadas às regiões tradicionalmente ocupadas pela cultura da cana-de-açúcar, como deficiência hídrica acentuada e diferenças notáveis quanto ao crescimento vegetativo, florescimento, acúmulo de sacarose e reação a pragas e doenças (LANDELL, 2008 *apud* LANDELL *et al.*, 2010).

Em função da necessidade iminente de aumentar a produção desta cultura, um novo desafio se apresenta aos programas de melhoramento, que é a obtenção e liberação de variedades produtivas e adaptadas a ambientes brasileiros diversos. Calcula-se que para suprir a demanda interna e externa, o Brasil deverá dobrar a sua produção nos próximos cinco a sete anos com um aumento nos investimentos em novas usinas,

Digitized by Google

expansão da área cultivada, melhora no manejo e aumento da produtividade por meio da obtenção de novos cultivares. A expansão da área cultivada deve também considerar a preservação de biomas e da biodiversidade (SOUZA; SLUYS, 2010).

Atualmente, a Ridesa – Rede Interuniversitária para o desenvolvimento do Setor Sucralcooleiro e o CTC – Centro de Tecnologia Canavieira, conjuntamente respondem por cerca de 95% das variedades plantadas no Brasil (CTC-30% e 65% Ridesa). O uso eficiente da cana-de-açúcar como fonte de energia renovável depende da integração de variáveis que controlam o crescimento vegetal, o acúmulo de biomassa e adaptação ao ambiente (SOUZA; SLUYS, 2010).

2.3.2 O Etanol no Estado do Tocantins

De acordo com dados da Secretaria da Agricultura do Tocantins – SEAGRO (2010), o Estado do Tocantins possui uma área total de 27.842.070ha, dos quais 50%, ou seja, 13.921.035ha, tem vocação para a produção agrícola.

O Tocantins, além de apresentar condições favoráveis de clima e solo e oferta de água para irrigação dos plantios, oferece outras vantagens adicionais como a logística de transporte que permitirá exportar etanol pelo Porto de Itaqui (São Luís – MA), pelos trilhos da Ferrovia Norte-Sul, utilizando o sistema multimodal de transportes. O Porto de Itaqui é a porta mais próxima para saída dos produtos do Estado rumo aos mercados da Ásia, Europa e América do Norte. A diferença em comparação com os portos de Paranaguá, Paraná, e de Santos, em São Paulo, equivale à cerca de cinco dias de navio (O JORNAL, 2007).

No cadastro do MAPA – Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Produção e Agroenergia – Departamento de Cana-de-Açúcar e Agroenergia de 30/08/2010, constam apenas 1 (uma) usina produtora de etanol no Estado do Tocantins, a Brasil Bio, Bioenergética Ind. E Com. De Álcool e Açúcar Ltda., localizada na cidade de Gurupi (MAPA, 2010). Mas no cadastro da UDOP-União dos Produtores de Bioenergia estão cadastradas a Brasil Bioenergética

Digitized by Google

localizada em Gurupi, Bunge – Unidade no município de Pedro Afonso e a Tocantins localizada em Arraias.

A Bunge Açúcar e Álcool unidade no município de Pedro Afonso-TO está em fase de implantação e seu funcionamento está previsto para maio de 2010. A usina produzirá álcool, etanol e açúcar, destinados ao mercado de todo o país. O local já possui no projeto agrícola 7 mil hectares plantados de cana-de-açúcar, no entanto, o projeto é de 45 mil hectares. A capacidade de processamento inicial é de 1,4 milhões de toneladas anualmente, podendo atingir até 4,4 milhões de toneladas por ano (SILVA *et al*., 2009).

O empreendimento pode gerar até 1.500 empregos diretos até 2012 nas atividades agrícolas e industriais, além de empregos indiretos na cadeia produtiva e nos setores de comércio e serviços. No projeto agrícola, a irrigação é feita a partir da água captada no córrego Lajeado, por meio de pivôs de 1.223 metros de comprimento - o maior do mundo, conforme informações do próprio fabricante - com capacidade para irrigar até 930 hectares (SILVA *et al*., 2009).

Segundo a Conab *apud* Rocher (2010) a cana avançou de aproximadamente de 700 hectares para 26 mil hectares no ano de 2010, com a instalação da usina Bunge no município de Pedro Afonso. As áreas plantadas com cana eram usadas para a cultura da soja, na safra 2010/11 devem ser colhidos 120 toneladas por hectare de cana no Tocantins, bem acima da média regional de 70 hectares por tonelada. Por enquanto a usina de etanol dá prioridade ao cultivo de cana em áreas próprias.
A safra 2008/09 do estado do Tocantins produziu cerca de 2,801 10^3 m^3 de etanol. A Figura 2.9 abaixo mostra a produção de etanol no Estado do Tocantins em 10^3 m^3 desde a safra 2005/2006 até a safra 2008/2009 (ÚNICA, 2009).

Digitized by Google

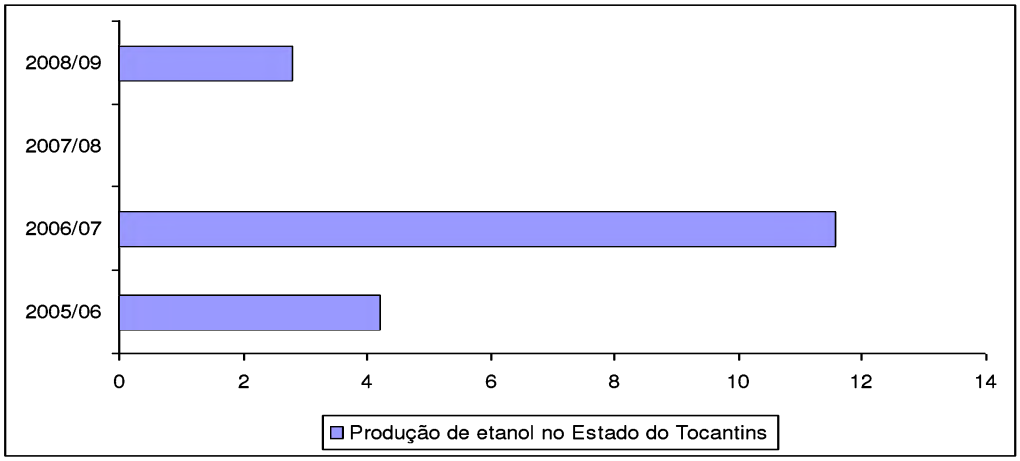


Figura 2.9 – Produção de etanol no Estado do Tocantins (10^3 m^3) – Safra 2005/2006 a 2008/09
Fonte: Única (2009)

Observa-se na figura 2.9 que a produção de etanol no Estado do Tocantins é praticamente recente, visto que se iniciou a partir do ano de 2005, participando da safra 2005/06, 2006/07, já na safra 2007/06 não houve produção, voltando a produzir na safra 2008/09.

Além da produção de etanol utilizando como matéria-prima a cana-de-açúcar, no Estado do Tocantins pode-se citar o desenvolvimento de outras para a produção de etanol como:

> **Na Universidade Federal do Tocantins (UFT), no Campus de Palmas, desenvolve-se um projeto denominado A Cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para o etanol, que possui uma mini usina piloto de etanol, localizada na Estação experimental da UFT, Campus de Palmas. Esse projeto já apresenta grande repercussão em todo país e recentemente firmou parceria com a EMBRAPA, visando avanços para a produção de etanol através dessa cultura (CAMARGO *et al.*,2009 *apud* SILVA *et al.*, 2009).**
>
> **De acordo com a Secretaria de Comunicação do Tocantins, uma parceria feita entre a UFT – Universidade Federal do Tocantins, o Instituto Ecológica e BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento implantou em Porto Nacional, o projeto modelo para a produção de biocombustível extraído da mandioca. (TOCANTINS, 2009)**
>
> **No Estado do Tocantins, através da empresa Tobasa Bioindustrial de Babaçu S.A., localizada no município de Tocantinópolis - TO o fruto do**

Digitized by Google

> **babaçu é processado integralmente, produzindo óleo, sabão de coco, farinhas amiláceas, álcool, subprodutos protéicos, carvão ecológico e carvão ativado. A empresa processa anualmente aproximadamente 75 mil toneladas de babaçu correspondendo em média, a 5 milhões de litros de óleo e 10 milhões de quilos de amido de etanol. (OLIVEIRA *et al.* 2009 *apud* SILVA *et al.*, 2009).**

Percebe-se que a produção de etanol no Estado do Tocantins ainda é incipiente, mas está presente no Estado um projeto ousado da empresa Bunge que poderá expandir esta produção e ampliar a participação do mesmo no cenário nacional, entretanto é importante a existência de projetos industriais e científicos envolvendo a pesquisa para a diversificação matérias-primas para a produção de etanol, tais como a batata-doce, babaçu e mandioca os quais têm buscado maior rendimento e eficiência para a produção de etanol.

2.3.3 Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar

Em estudo realizado por Collicchio (2008) foi elaborado o zoneamento edafoclimático e ambiental para a cultura da cana-de-açúcar no Estado do Tocantins, utilizando a climatologia atual (25,7ºC), e o conjunto de cenários climáticos analisados, considerando dados gerados pelos modelos GFDL e HadCM3 e cenários de emissão B1 e A1B, para o período de 2021 a 2050, para identificar as possíveis regiões com potencial produtivo no Estado. Os resultados mostraram que tanto para as condições climáticas atuais, quanto para as projeções dos modelos, não há restrição térmica para o desenvolvimento da cultura, e que para obter boa produtividade com o cultivo da cana-de-açúcar no Estado será necessário, de forma geral, a utilização de irrigação de salvamento, suplementar ou plena nos períodos de deficiência hídrica.

Constatou-se também que, existe potencialidade para a produção da cana-de-açúcar, apesar da predominância da classe "restrita". Foram identificadas três regiões potenciais com condições edafoclimáticas favoráveis e com boa infra-estrutura para produção, localizadas nas regiões sul, sudeste e central do Estado, com áreas suficientemente extensas para cobrir as demandas regionais. As mudanças climáticas analisadas indicaram que o Tocantins estará sob fortes restrições hídricas, com

Digitized by Google

grande redução de áreas consideradas climaticamente "aptas" e "marginais", e aumento das áreas "restritas", esta última presente em 58,2% da área total do Estado, ao cultivo da cana-de-açúcar sob condição de sequeiro (COLLICCHIO, 2008).

Ampliar a produção de etanol de cana-de-açúcar e conquistar cada vez mais uma fatia maior do mercado tanto nacional quanto internacional são metas prioritárias do setor sucroalcooleiro no Brasil. Para alcançá-las, produtores e governo precisam incorporar a suas estratégias ao tema da sustentabilidade ambiental. Por isso, têm-se feito esforços para sinalizar aos potenciais consumidores que o etanol brasileiro contribui para a mitigação das mudanças climáticas globais e que os passivos ambientais não serão ampliados. Em outras palavras, que a expansão dos canaviais não destruirá a vegetação primária, especialmente, a floresta amazônica, liberando gases de efeito estufa para a atmosfera. É neste contexto que deve ser compreendido o Zoneamento Agroecológico (ZAE) da Cana-de-Açúcar (REPÓRTER BRASIL, 2009).

O objetivo geral do ZAE para a produção de açúcar e etanol é fornecer subsídios técnicos para a formulação de políticas públicas visando à expansão e produção sustentável de cana-de-açúcar no território brasileiro. A Tabela 2.3 obtida do ZAE da Cana-de-Açúcar apresenta a síntese das áreas aptas para a expansão do cultivo da cana-de-açúcar na Região Norte. Observa-se que o Estado do Tocantins foi o único, desta região, considerado apto para a realização deste estudo levando em consideração as classes de aptidão agrícola e os tipos de uso da terra (MANZATTO *et al.*, 2009).

A Tabela 2.3 apresenta a estimativa de levantamento de áreas aptas para expansão da cana de açúcar, dentro dessas áreas no Estado do Tocantins foi excluída a parte que compõe o Bioma Amazônia, obtendo-se as áreas aptas estimadas para o cultivo com aptidão média; alta e média; alta, média e baixa; as quais estão atualmente utilizadas com atividades tais como, agricultura, agropecuária e pastagem.

Digitized by Google

Tabela 2.3 - Áreas aptas para expansão da cana-de-açúcar

Áreas aptas por tipo de uso da terra por classe de aptidão (ha)-Estado do Tocantins						
Estado	Classes de Aptidão	Pastagem (Ap)	Agropecuária (Ag)	Agricultura (Ac)	Ap+ Ag	Ap+Ag+Ac
TO	Alta (A)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Média (M)	1.067.243,64	0.00	73.353,85	1.067.243,64	1.140.597,49
	Baixa (B)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	A+M	1.067.243,64	0.00	73.353,85	1.067.243,64	1.140.597,49
	A+M+B	1.067.243,64	0.00	73.353,85	1.067.243,64	1.140.597,49

Fonte: Manzatto *et al.* (2009)

É importante ressaltar o ZAE da cana-de-açúcar compreende todo o território nacional não abrangido pelo Bioma Amazônia, Pantanal e Bacia do Alto Paraguai. Assim não foram incluídos na área de estudo os estados do Acre, Amazonas, Rondônia, Roraima, Pará e Amapá por pertencerem ao Bioma Amazônia. Da mesma forma, partes do território dos Estados do Mato Grosso, Maranhão, Tocantins e de Goiás foram excluídas por estarem incluídas no Bioma Amazônia e/ou no Bioma Pantanal e Bacia do Alto Paraguai. Destaca-se que os limites da Amazônia Legal não são coincidentes com os limites do Bioma Amazônia (MANZATTO *et al.*, 2009).

2.4 BIODIESEL

2.4.1 Histórico e aspectos legais do biodiesel

A idéia de aproveitar os óleos vegetais como matéria prima para combustíveis não é nova, já que as primeiras experiências com motores de combustão por compressão foram conduzidas com óleo de amendoim. No ano 1900, o próprio Rudolph Diesel apresentou um protótipo de motor na Exposição Universal de Paris, que foi acionado com óleo de amendoim, cultura que era muito difundida nas colônias francesas na África. No entanto, a oferta de petróleo e o seu preço acessível, determinaram que, nos anos seguintes, os derivados do petróleo fossem os combustíveis preferidos, reservando que os óleos vegetais fossem para outros usos (PLÁ, 2003).

Digitized by Google

Há registros da utilização de óleos vegetais como combustível desde 1912. As primeiras experiências no Brasil que utilizaram óleos de palma, amendoim e algodão em motores diesel aconteceram ainda na década de 1920. Também há informações de ensaios realizados na década de 1940, com diversas oleaginosas, pelo Instituto Nacional de Tecnologia (INT) e outros órgão governamentais. Na década de 1950, foram solicitados os primeiros registros de patentes feitos no mundo (FURLAN JÚNIOR *et al*., 2006).

As crises do petróleo nos anos 1970 estimulou a primeira iniciativa institucional brasileira, o Programa de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Proóleo), instituído pela Resolução nº 07, de 22 de abril de 1980, da Comissão Nacional de Energia. Apesar de ter sido oficialmente aprovado pelo governo brasileiro, o referido programa nunca foi efetivamente implementado, entretanto permitiu o acúmulo de algumas experiências importantes e deu origem a uma série de programas de pesquisa voltados ao uso de ésteres metílicos e etílicos de óleos vegetais obtidos pelo processo de transesterificação e também o uso de óleos vegetais *in natura* (BRIEU, 2009).

Em 1977, o professor e pesquisador Expedito José de Sá Parente, da Universidade Federal do Ceará, descobre o biodiesel a partir do óleo de algodão, que já em 1980, patenteou um sistema de extração de óleo por solvente, sob o número PI – 800795, apropriado para pequenas escalas de produção, hoje sobre domínio público (SILVA, 2006).

Em dezembro de 2004, o governo federal lançou o Programa Nacional para a Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), que tem por objetivo estimular a produção e uso do biodiesel no País, de forma técnica e economicamente viável. Trata-se de um programa interministerial que, conta com a participação de 14 ministérios, cujas principais diretrizes são: a) implantar um programa sustentável, promovendo a inclusão social e o desenvolvimento regional; b) garantir preços competitivos, qualidade e regularidade na oferta do novo combustível; c) estimular a utilização de diferentes matérias-primas e rotas tecnológicas (ABREU; VIEIRA; RAMOS, 2006).

Digitized by Google

O primeiro passo para a construção do marco regulatório do PNPB foi a Medida Provisória nº 214, de 13 de setembro de 2004. Esta criou a figura jurídica do biodiesel na matriz energética brasileira, delegando sua competência à ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) para fiscalizar a sua produção e comercialização. Isso abriu caminho para que a agência também pudesse colocar em consulta pública as minutas de portarias tratando das especificações técnicas tanto do biodiesel puro quanto do combustível já misturado (ABREU; VIEIRA; RAMOS, 2006).

A referida Medida Provisória foi convertida na Lei nº 11.097 de 13 de janeiro de 2005, a qual introduz o biodiesel na matriz energética. Complementa o marco regulatório do novo segmento um conjunto de decretos, normas e portarias, estabelecendo prazo para o cumprimento da adição de percentuais mínimos de mistura de biodiesel ao diesel mineral e o monitoramento da inserção do novo combustível no mercado (SEBRAE, 2007).

A lei nº 11.097/05 foi regulamentada pelo decreto nº 5.448, de 20 de maio de 2005, que autorizou a mistura de 2% de biodiesel ao óleo diesel até que a lei se tornasse obrigatória a partir de 2008. Este decreto também autorizou, mediante anotação prévia da ANP, o uso de misturas de biodiesel superiores a 2% em frotas cativas, na geração de energia elétrica e em outros casos específicos (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2005 *apud* BRIEU, 2009).

No mercado de biodiesel convencionou-se adotar a expressão BXX na qual B significa Biodiesel e XX a proporção do biocombustível misturado ao óleo diesel. Assim a sigla B2 significa 2% de biodiesel, derivado de fontes renováveis e 98% de óleo diesel, e o B5 equivale 5% de biodiesel e 95% de óleo diesel. Essas misturas estão aprovadas para uso no território brasileiro e devem ser produzidas segundo as especificações técnicas definidas pela ANP (SEBRAE, 2007).

A lei prevê a possibilidade de antecipação dos prazos estabelecidos, a ser determinado por resolução do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). Para ser

Digitized by Google

autorizada uma antecipação dos prazos pelo CNPE, faz-se necessário que o segmento de biodiesel e as demais áreas correlacionadas a ele atendam os seguintes critérios: a) a disponibilidade de oferta de matéria-prima e a capacidade industrial para produção de biodiesel; b) participação da agricultura familiar na oferta de matérias-primas; c) redução das desigualdades regionais; d) desempenho dos motores com a utilização do combustível; e) as políticas industriais e de inovação tecnológica (SEBRAE, 2007).

2.4.2 Matérias-primas para a produção do biodiesel

Biodiesel é um combustível líquido derivado de biomassa renovável, que substitui total ou parcialmente o óleo diesel de petróleo em motores de ignição por compressão, automotivos (caminhões, tratores, camionetas, automóveis, etc), transportes (aquaviários e ferroviários) e estacionários (geradores de eletricidade). O biodiesel pode ainda substituir outros tipos de combustíveis fósseis na geração de energia, a exemplo do uso em caldeiras ou em geração de calor em processos industriais (BRASIL, 2006).

O Biodiesel pode ser definido quimicamente como éster monoalquílico de ácidos graxos derivados de lipídeos de ocorrência natural e pode ser produzido, juntamente com a glicerina, através da reação de triacilgliceróis (ou triglicerídeos) com etanol ou metanol na presença de um catalisador ácido ou básico (RAMOS *et al.*, 2003). Este pode ser produzido a partir de diferentes matérias-primas, tais como óleos vegetais diversos (mamona, dendê, soja, girassol, amendoim, algodão e outros), gorduras animais, óleos e gorduras residuais por meio de diversos processos (PARENTE, 2003).

Entretanto, a viabilidade da utilização de cada matéria-prima dependerá de suas respectivas competitividades técnica, econômica e sócio-ambiental, além dos aspectos agronômicos, tais como teor em óleos vegetais, a produtividade por unidade de área, a sazonalidade da planta e sua adaptação territorial (SANTOS, 2007).

Digitized by Google

De acordo com Souza (2005) *apud* Santos (2007), tomando como base as informações da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), as matérias-primas oleaginosas que mais se destacam, quer seja pelo teor de óleo ou pela produtividade são a mamona, o girassol e o amendoim, o gergelim, a canola, o dendê, a soja, o algodão e o babaçu. Os dados relativos à produtividade desses óleos estão na tabela 2.4.

Tabela 2.4 - Principais tipos de matérias-primas para a produção de biodiesel

Matéria-Prima	Teor de óleo (% em m/m)	Produtividade-grão (t/ha.ano)	Produtividade-óleo (t/ha.ano)
Gorduras animais	100	-	-
Mamona	50	1,5	0,750
Girassol	42	1,6	0,672
Amendoim	39	1,8	0,702
Gergelim	39	1,0	0,390
Canola	38	1,8	0,684
Dendê	20	10,0	2,000
Soja	18	2,2	0,396
Algodão	15	1,8	0,270
Babaçu	6	15,0	0,900

Fonte: Adaptado de Souza (2005) *apud* Santos (2007)

De acordo com os dados da tabela 2.4 observa-se que em teor de óleo a mamona, o girassol, o amendoim e o gergelim possuem o maior potencial para produzir maiores quantidades de óleo por hectare. Porém é o dendê e a soja que se sobressaem pela produtividade-grão (t/ha.ano), e estas vantagens dão mais segurança no fornecimento e os coloca como um dos principais fornecedores de óleo *in natura* para a produção de biodiesel.

Os óleos vegetais *in natura* ainda possuem um custo elevado para serem utilizados como matéria-prima para a produção de biodiesel. Segundo Cánepa (2004) estes representam 80% do custo total da produção do biodiesel, sendo este um entrave e ao mesmo tempo um dos desafios para a viabilização econômica deste produto. Uma das

Digitized by Google

alternativas apontadas por pesquisadores para a redução de custos de produção do biodiesel seria a utilização dos resíduos.

A Figura 2.10 apresenta as principais culturas com potencial para produção de biodiesel utilizadas em cada região do Brasil (NETO, 2008).

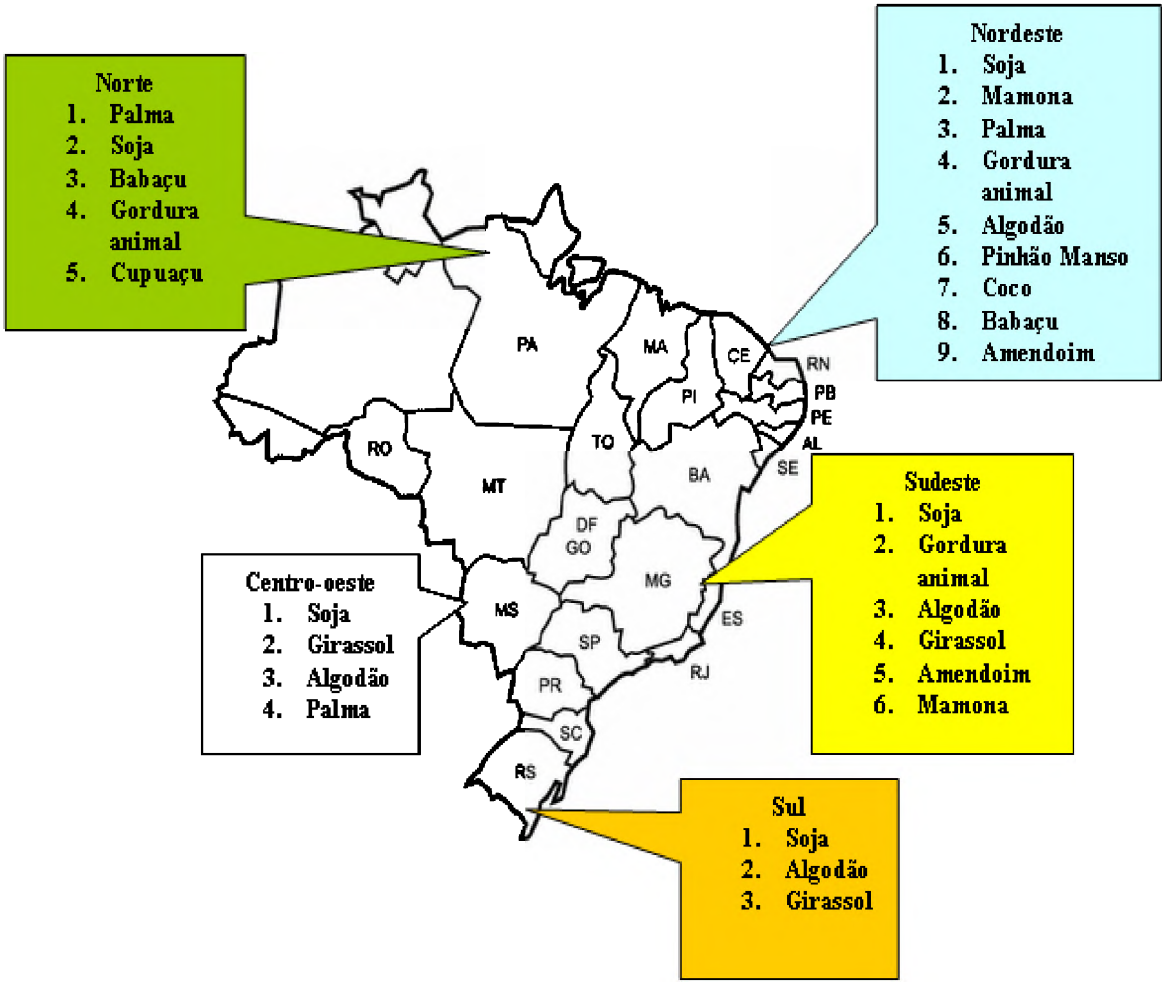


Figura 2.10 - Principais culturas para produção de biodiesel no Brasil
Fonte: Adaptado de Neto (2008)

De acordo com a ANP (2010), o óleo de soja é a principal matéria-prima para produção de biodiesel e sua utilização representa 85,81%, seguido do sebo bovino com 10,73%, o óleo de algodão com 2,43%, outros materiais graxos com 0,76%, gordura de frango com 0,25% e óleo de fritura usado com 0,02%.

Digitized by Google

Desde o início da produção em grande escala do biodiesel, a soja é a oleaginosa mais utilizada para a produção de biodiesel, por apresentar tecnologia agronômica e industrial, logística e infra-estrutura já desenvolvida e consolidada, além de contar com amplo sistema de produção e zoneamento agrícola (SANTOS, 2007).

Apesar de a soja ser a matéria-prima mais viável na atual produção de biodiesel, a mesma não foi contemplada dentro do art. 2º § 4º da Lei 11.097/05, pois o biodiesel deverá ser preferencialmente processado a partir de matérias-primas que sejam produzidas por agricultor familiar, inclusive as resultantes de atividade extrativista. Logo, o incentivo a agricultura familiar e a inclusão social no campo, como previsto pelo PNPB, não inclui os produtores de soja, que em sua maioria são latifundiários com alto grau de mecanização agrícola (DOMINGUES, 2010).

2.4.3 A cultura da soja

A soja chegou ao Brasil via Estados Unidos, em 1882. Gustavo Dutra, então professor da Escola de Agronomia da Bahia, realizou os primeiros estudos de avaliação de cultivares introduzida daquele país. Em 1891, testes de adaptação de cultivares semelhantes aos conduzidos por Dutra na Bahia foram realizados no Instituto Agronômico de Campinas, Estado de São Paulo. O primeiro registro de cultivo de soja no Brasil data de 1914 no município de Santa Rosa, Rio Grande do Sul (EMBRAPA, 2004). Esta é uma planta leguminosa, dicotiledônea, predominantemente utilizada para o processamento do grão em óleo e proteína. De um modo geral, o ciclo fenológico da planta varia de 115 a 150 dias, desde a sua germinação até a maturação. Os cultivares podem ser classificados em precoce (até 115 dias), semiprecoce (116 a 125 dias), médio (126 a 137 dias), semitardio (138 a 150 dias) e tardio (mais que 150 dias). A altura da planta varia entre 0,45 m a 1,20 m, dependendo da variedade, pluviosidade, temperatura e época de semeadura (EMBRAPA SOJA, 2006). Sua produção está diretamente relacionada com parâmetros fisiológicos da planta, tais como taxa de crescimento, índice de área foliar (IAF) e produção de matéria seca (biomassa). O crescimento e o desenvolvimento da soja são medidos pela quantidade de matéria seca acumulada na planta que é

Digitized by Google

produzida por meio da fotossíntese. Com exceção da água, a matéria seca é composta por carboidratos, proteínas, lipídeos e nutrientes minerais (ANTUNES, 2005).

Segundo Farias *et al.* (2000), a disponibilidade hídrica, o fotoperíodo e a temperatura são os fatores que mais afetam o desenvolvimento e a produtividade da soja. A necessidade de água durante todo o ciclo fenológico varia entre 450 e 800 mm, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do ciclo. Os períodos mais críticos em relação à disponibilidade hídrica são os que correspondem à germinação/emergência e à floração/enchimento de grãos. Durante o primeiro período, tanto o excesso, quanto a escassez de água são prejudiciais à obtenção de uma boa uniformidade na população de plantas. No segundo período, o estresse hídrico expressivo, aliado à baixa umidade relativa do ar, pode provocar queda das flores, vagens e folhas, além de acelerar a senescência da planta, reduzindo a fase destinada ao enchimento de grãos e, conseqüentemente, a produtividade (SEDIYAMA *et al.*, 1996). Em virtude de ser uma planta de dias curtos, a soja só tem sua floração induzida quando o fotoperíodo é menor que um comprimento crítico. Devido ao fotoperíodo crítico ser constante para um mesmo cultivar, a planta sofre modificações no crescimento e desenvolvimento quando semeada em latitudes diferentes da qual está adaptada ou em diferentes épocas de semeadura para uma mesma latitude. Ainda assim, as exigências fotoperiódicas de um cultivar estão intimamente relacionadas às exigências térmicas, ou seja, um cultivar exigente em fotoperíodo curto também será exigente em somas térmicas. Portanto, os cultivares com menor fotoperíodo crítico (de ciclo tardio) exigem maior quantidade de somas térmicas (COSTA, 1996).

A soja adapta-se bem em uma ampla faixa de clima seco, sendo que as temperaturas ótimas para o melhor desenvolvimento da soja estão entre 20 e 35ºC. Precipitações pluviométricas anuais de 700 a 1200 mm, bem distribuídas, preenchem perfeitamente suas necessidades hídricas. Regiões com excessiva umidade não são adequadas para o seu cultivo (MOURAD, 2008).

A maioria dos solos cultivados com a cultura da soja constitui-se de solos ácidos e deficientes em alguns nutrientes. A correção da acidez é feita através da calagem, ou

Digitized by Google

seja, adição de calcário. A adubação requer adição de enxofre, fósforo e potássio. Em solos deficientes em manganês, também é necessária a sua correção (EMBRAPA SOJA, 2006).

Em 2009, o Brasil foi o segundo maior produtor de soja com produção de 57 milhões de toneladas, ou aproximadamente 25% da safra mundial que foi estimada em 223,27 milhões de toneladas (BRASIL, 2009). A soja, bem como seus subprodutos são largamente utilizados na alimentação humana e de animais. É rica em proteínas de boa qualidade, ácidos graxos e compostos fitoquímicos. Pesquisas têm demonstrado que as isoflavonas da soja reduzem os riscos de algum tipo de câncer (MOURAD, 2008). Na safra de 1995/96 tornou-se a variedade com maior área plantada (11 Mha), superando todos os demais cultivos. Em 2008, a área ultrapassa os 21 Mha o que representa 45% do total de 47,3 Mha de lavoura de grãos no Brasil contabilizada pela CONAB, excluindo-se cana-de-açúcar e frutas (CONAB, 2008).

O cultivo da soja é predominante nas regiões Centro-oeste, Sul e Sudeste, que correspondem atualmente por aproximadamente a 89,50% da produção nacional, enquanto que a região Norte-Nordeste responde por aproximadamente 10,50% (MAPA, 2009). Segundo Santos (2007), estes números justificam o destaque que a soja vem recebendo entre as culturas com potencial para suprir o mercado do biodiesel. A tabela 2.5 apresenta os valores da produção de soja na Região Norte do Brasil, em mil toneladas nas safras de 2004/05 a 2009/10.

De acordo com os dados presentes na tabela 2.5 é importante destacar que no período de 2004/05 a 2009/10, apenas cinco dos sete Estados que compõe a Região Norte produziram soja. Sendo que dentre eles o Estado do Tocantins apresentou o melhor desempenho dos últimos cinco anos e pode ser considerado o maior produtor na safra 2009/10 com 1071,0 mil toneladas, de acordo com dados da CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

A Figura 2.11 apresenta os dados da produção das regiões agrícolas referentes a cultura da soja no Estado do Tocantins, para a safra 2008/09, segundo dados do IBGE(2010). Através dos dados da figura 2.12 pode-se observar que a produção de

Digitized by Google

soja concentra-se na região nordeste III, a qual pertence os municípios de Pedro Afonso e Campos Lindos, ambos são destaques na produção de soja 76.950 toneladas e 126.000 toneladas respectivamente.

Tabela 2.5 - Produção de soja na Região Norte – 2004/05 a 2009/10

Região/UF	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10[1]
Norte	1.419,9	1.255,2	1.079,9	1.472,3	1.491,0	1.691,7
Roraima	56,0	28,0	15,4	48,8	48,8	3,9
Rondônia	227,2	283,0	277,5	311,5	332,7	384,3
Acre	-	-	-	-	-	-
Amazonas	8,4	5,7	-	-	-	-
Amapá	-	-	-	-	-	-
Pará	207,0	238,1	140,5	201,1	205,8	232,5
Tocantins	921,3	700,4	646,5	910,9	903,7	1.071,0

Fonte: MAPA (2009), CONAB (2010)

Em estudo realizado por Maciel, Azevedo e Andrade Júnior (2009) foram avaliados os possíveis impactos provocados pelo aquecimento global no zoneamento de risco climático para a cultura da soja no Estado do Tocantins. Para tanto, foram admitidas as seguintes situações: a)cenário atual (valores atuais de temperatura e precipitação) e b)cenário II (otimista B1 do IPCC), considerando um aumento de 1,8 ºC na temperatura média e uma redução de 10% na precipitação, para os solos tipo 1 (textura argilosa), tipo 2 (textura média), tipo 3 (textura argilosa), considerando uma cultivar de ciclo precoce (110 dias). No cenário atual, verificou-se que para semeaduras de cultivares de ciclo precoce, nas datas de outubro a janeiro, em solos tipo 1, as áreas aptas ao cultivo da soja representam aproximadamente 47% e 66% da área do Estado, respectivamente. Em relação aos solos tipo 2, para semeadura em outubro, as áreas de baixo risco climático ao cultivo da soja representam em torno de 94% da área do Estado. No que diz respeito aos solos tipo 3 e semeadura em outubro, as áreas de baixo risco climático cobrem mais de 96% da área do Estado. Isso significa que o Estado do Tocantins apresenta condições favoráveis ao cultivo da soja

[1] Os valores de referência da safra 2009/10 foram adquiridos do levantamento no mês de dezembro/10 da CONAB.

Digitized by Google

na maioria de seus municípios. No cenário II, observou-se que as alterações foram mais expressivas para os solos tipo 1, apresentando-se como favoráveis ao cultivo da soja apenas os municípios da região centro-norte. Para os solos tipo 2, as simulações mostraram que teria uma redução de 30 dias para a estação de cultivo, com exceção para os municípios da região centro-oeste. Já o solo tipo 3 apresentaram fortes restrições apenas para municípios da região extremo norte e para os municípios das regiões centro-norte, nordeste e centro-leste restrições

Digitized by Google

Cultura da Soja no Tocantins

Quantidade Produzida em grãos. Ano 2009

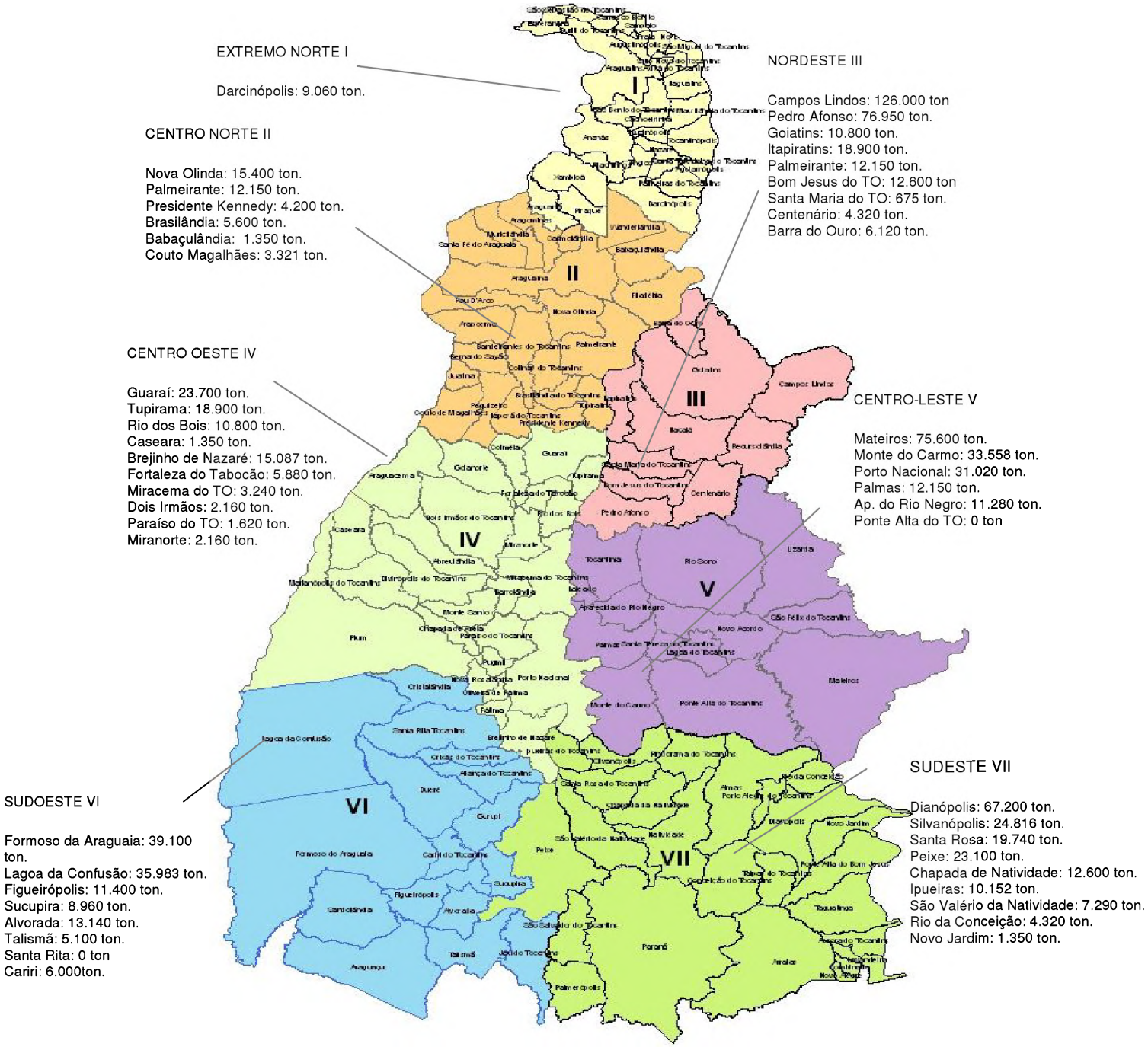


Figura 2.11 – Produção das regiões agrícolas de soja no Estado do Tocantins na safra 2008/09
Fonte: Adaptado de SEAGRO (2008); IBGE (2010).

Digitized by Google

2.4.4 Cadeia produtiva do biodiesel

A cadeia produtiva do biodiesel pode ser organizada em quatro etapas: a primeira compreende o suprimento da matéria-prima básica (óleo vegetal) para a etapa industrial, representada pela indústria de insumos, os produtores rurais e a indústria de extração de óleo bruto e refino; a segunda se refere à produção industrial propriamente dita, representada, principalmente pela fábrica de biodiesel; a terceira diz respeito à cadeia de distribuição do biodiesel puro ou misturado e, compreende os distribuidores atacadistas e varejistas e em alguns casos outros intermediários e por último o consumidor final que pode ser representado pelo mercado externo, mas também pelo pequeno ou grande consumidor interno (GARCIA, 2007).

A Figura 2.12 apresenta os principais elos da cadeia produtiva do biodiesel, que são: a produção do grão, a extração do óleo, a produção de biodiesel a partir do grão, a distribuição e a revenda ao consumidor.

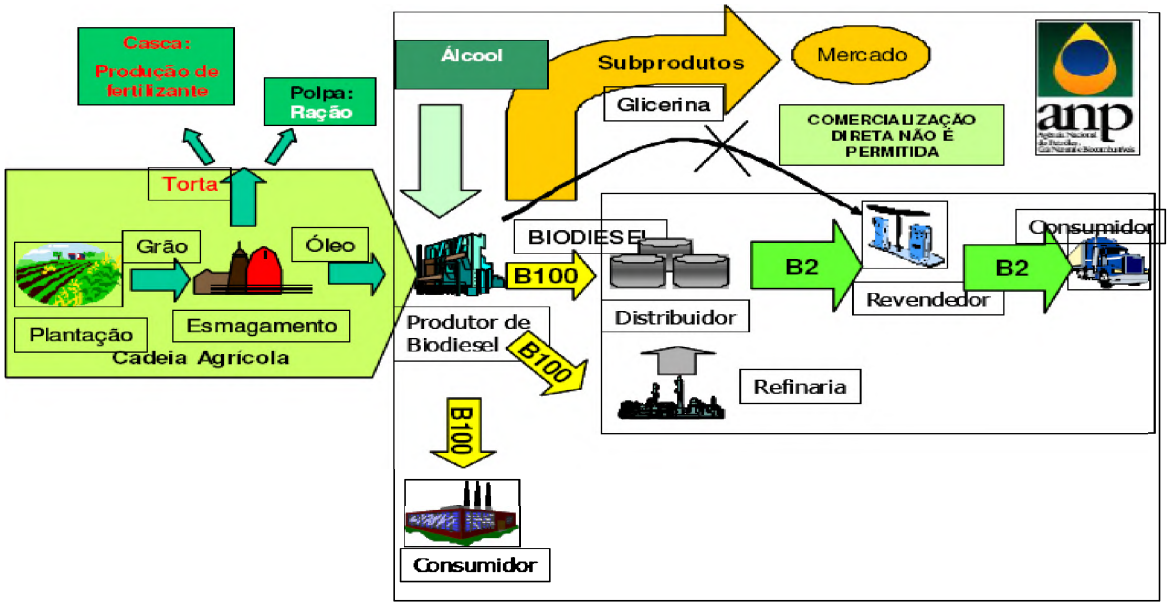


Figura 2.12 - Cadeia produtiva do biodiesel
Fonte: Santos (2005) *apud* Leiras (2006, p.22)

Digitized by Google

A cadeia produtiva do biodiesel gera alguns subprodutos, os quais devem ser focos de análises mais detalhadas, pois podem ser um fator determinante para a viabilidade econômica da produção desse combustível. Entre os principais pode-se citar: a glicerina, lecitina, farelo e a torta da oleaginosa. Observa-se que estes subprodutos podem agregar valor e constituir outras fontes de renda importante para os produtores agrícolas e industriais. Entretanto, deve ser levado em consideração que este aproveitamento apresenta-se como um desafio para buscar novas aplicações para estes, pois a oferta aumentará bastante em decorrência da produção do biodiesel (RATHMANN *et al*., 2005).

A introdução do biodiesel possibilitará progressivamente a diminuição da dependência externa do diesel. A adição de 2% de óleo vegetal tendo como referência o consumo em 2006 demandará um volume de 812 milhões de litros deste combustível. Como a Lei nº 11.097/2005 estabelece a obrigatoriedade de 5% de biodiesel a partir de 2013, o volume necessário de biodiesel será de 2.030 milhões de litros, considerando-se o consumo de diesel para o ano base de 2006. Entra em vigor, a partir de 1º de julho de 2008, uma medida do governo federal que altera o percentual de biodiesel de 2% para 3%, o que gerará uma demanda de 1.200 milhões de litros (ANP, 2008 *apud* MOURAD, 2008).

2.4.5 Biodiesel no Estado do Tocantins

O Estado do Tocantins reúne todas as condições para a produção de biodiesel, destacando-se a abundância dos recursos hídricos, as chuvas regulares e a vontade política de trazer grandes investimentos para o Estado. O Governo do Estado oferece incentivos fiscais às usinas por meio do Proindústria, que possibilita a aquisição de equipamentos de alta tecnologia, e está oferecendo também assistência técnica aos pequenos produtores agrícolas por meio da Seagro – Secretaria Estadual de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, e do Ruraltins – Instituto de Desenvolvimento Rural do Tocantins (SEAGRO, 2008).

Segundo a ANP (2010), no ano de 2009 no Brasil foram produzidos 1.608.053 m³ de biodiesel. Para a produção de biodiesel o Estado do Tocantins possui duas usinas de

Digitized by Google

produção sendo elas, a Brasil Ecodiesel – Unidade de Porto Nacional e Biotins-Energia, sendo que a primeira produziu no ano de 2009 cerca de 28.659 m³ e a segunda produziu cerca de 4.889m³ de biodiesel.

A Biotins está localizada no Parque Agroindustrial na BR-153 no Km 480, no município de Paraíso do Tocantins - TO. As atividades desta usina foram iniciadas em dezembro de 2007, numa primeira etapa, até a produção efetiva do pinhão manso, a usina vai utilizar materiais como sebo bovino, óleo de soja e outros disponíveis (RENOVATO, 2007).

Para viabilizar o empreendimento e garantir o fornecimento de matéria-prima, a Biotins efetuou o plantio de 2 mil hectares de pinhão manso, na Fazenda Bacaba, no município de Caseara-TO. Para ampliar a área de plantio a empresa está fazendo contrato de aquisição de áreas agricultáveis com agricultores familiares em assentamentos rurais por um período de 10 anos, inserindo esse segmento no processo produtivo da matéria-prima, gerando emprego e renda (RENOVATO, 2007).

Por enquanto, o biodiesel produzido a partir de pinhão manso corresponde a 10% da produção da Biotins. Os outros 90% são produzidos a partir do óleo de soja (DIAS, 2010). Segundo a ANP (2010), a Biotins possui capacidade autorizada de 81m³/dia, e a rota tecnológica utilizada para produção de biodiesel é a metílica (NETO, 2008).

A Brasil Ecodiesel iniciou a elaboração de seu projeto para produção de biodiesel em março de 2003. A unidade de Porto Nacional foi inaugurada em maio de 2007, sendo esta uma unidade de transesterificação. Esta usina possui capacidade de produção de 118.800m³ de biodiesel por ano, e está localizada as margens da rodovia TO-050, próxima ao Rio Tocantins e da futura expansão da Ferrovia Norte-Sul (BRASIL ECODIESEL, 2008).

Segundo a ANP (2010), a Brasil Ecodiesel – unidade de Porto Nacional possui capacidade autorizada de 360 m³ por dia. Sendo que utiliza a rota tecnológica para sua produção a metílica ou etílica e como matéria-prima a mamona, soja, algodão, girassol e pinhão manso (NETO, 2008).

Digitized by Google

Atualmente, as duas indústrias de biodiesel em atividade no Tocantins têm utilizado o óleo de soja para a produção de biodiesel. O óleo utilizado é adquirido no mercado, diretamente das indústrias esmagadoras, principalmente da região Centro-Oeste. A apuração do seu custo não apresenta maiores dificuldades, pois a cadeia produtiva da soja está bem organizada, a produtividade é homogênea em todas as regiões brasileiras onde ela é cultivada e os preços são definidos pelo mercado internacional. A produção de soja no Tocantins não está vinculada à produção de biodiesel (LUNKES, 2009).

A maior parte da soja produzida no Tocantins atualmente é vendida *in natura*, e devido ao fato de não estar vinculada à produção de biodiesel isso não significa que no futuro usinas produtoras de biodiesel se interessem em adquirir soja tocantinense. Deve-se destacar que atualmente a Bunge está plantando cana-de-açúcar para a produção de etanol num dos principais municípios produtores de soja, Pedro Afonso, e a mesma poderá vir a investir na produção de biodiesel, utilizando a sua própria produção de etanol e a soja dos produtores tocantinenses.

Digitized by Google

Capitulo III

Digitized by Google

GEOTECNOLOGIAS E O ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE PEDRO AFONSO (TO)

3.1 DESCRIÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende o município de Pedro Afonso-TO, criado em 1903, sendo suas terras desmembradas do município de Porto Nacional. Em 1845, Frei Rafael de Taggia e sua comitiva desembarcaram no local onde hoje está situada a cidade, com o intuito de catequizar os índios Xerente e Krahô. Em 1849 sob a lei provincial, a localidade recebe o nome de Pedro Afonso em homenagem ao príncipe Dom Pedro Orleans e Bragança (PREFEITURA, 2010).

De acordo com a SEPLAN – Secretaria de Planejamento do Tocantins, o município está localizado na Região Nordeste do Estado do Tocantins, e para o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, na Meso-Região Oriental do Tocantins, conforme figura 3.1. Sua sede municipal está localizada na Latitude (φ): 08°58'03" S e Longitude (λ): 48°10'29" W, à uma altitude média de 201 metros, distante aproximadamente 173 km da capital do Estado do Tocantins, possuindo uma extensão territorial de 2.050,30 Km² (SEBRAE, 2006).

O município está localizado em uma espécie de bifurcação ou encontro de dois grandes rios do Estado do Tocantins, tendo o Rio Tocantins ao seu lado esquerdo e o Rio do Sono ao seu lado direito. Limita-se ao norte com o município de Bom Jesus do Tocantins; ao sul com o município de Tocantínia; a leste com Centenário e Rio Sono e a oeste com os municípios de Rio dos Bois e Tupirama.

O acesso principal à sede municipal de Pedro Afonso pode ser realizado utilizando a rodovia TO-336, que a interliga com a rodovia federal BR-153 (Belém-Brasília), e também pela TO-010 que a interliga com os municípios de Tocantínia e Palmas, a mesma TO-010 interliga o município com Bom Jesus e Santa Maria. O município está localizado a 16 quilômetros da Ferrovia Norte-Sul.

Digitized by Google

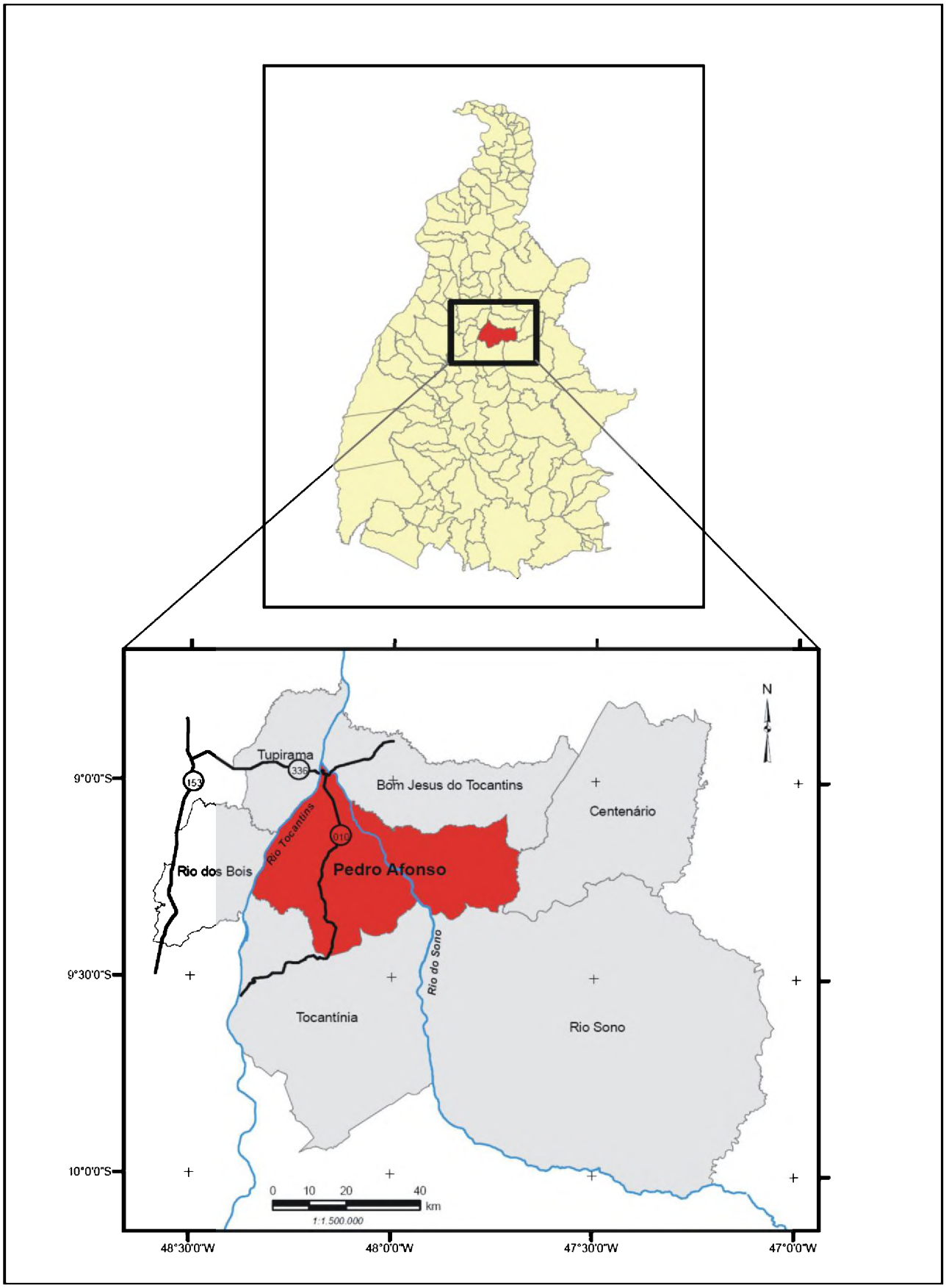


Figura 3.1 - Mapa de localização do município de Pedro Afonso-TO

Digitized by Google

3.2 ECONOMIA DE PEDRO AFONSO

O município de Pedro Afonso tem a sua população estimada em 2010 de 11.542 habitantes, sendo 5.966 do sexo masculino e 5.576 do sexo feminino, sua densidade populacional é de 5,74 hab/Km² (IBGE, 2010). O seu IDH é de 0,738, o PIB R$ 194.892,525, e o PIB *per capita* 18.377,42 (IBGE, 2008). Possui faculdade, escolas, hospital, clínicas de saúde, delegacia, batalhões militares, galeria, restaurantes, hotéis e praças para lazer da comunidade.

A economia do município está baseada nas atividades do setor primário, isto é, a agricultura e pecuária. O fato que impulsionou a economia municipal na segunda metade da década de 1990, foi a implantação da terceira fase do Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento do Cerrado - PRODECER III[2]. Este programa foi financiado por recursos dos governos brasileiro e japonês, os recursos japoneses vieram de fontes institucionais do governo e dos bancos privados, que foram co-financiadores. O projeto piloto foi financiado pela *Japan International Cooperation Agency* – JICA, e o projeto de expansão pelo *Overseas Economic Cooperation Fund* – OECF (SEBRAE, 2006; RODRIGUES *et al.*, 2009). Até o ano de 1996, o município apresentava uma produção de soja incipiente. A partir desse período, foi implantada no município a terceira etapa do PRODECER III. O PRODECER III ocupou uma área de 40.000 ha, onde foram assentadas 40 (quarenta) famílias de colonos de vários estados brasileiros, onde foram estabelecidas glebas individuais de 980 (novecentos e oitenta) hectares (RODRIGUES *et al.*, 2009).

Para a região e o Estado do Tocantins é significativo o crescimento da cultura da soja em Pedro Afonso que assumiu, na safra de 1998, a posição de maior produtor tocantinense. No ano de 2007, foram plantados 35.000 hectares, com uma produção de 73.500 toneladas, tornando-se o segundo município com maior produção no

[2] O PRODECER foi um marco da cooperação internacional entre Brasil e Japão, para a ocupação dos Cerrados, visando à produção de commodities, com alta demanda internacional. Foi idealizado em 1974, negociado entre o governo dos dois países durante cinco anos e implementado a partir do ano de 1978. O principal instrumento do programa é o crédito supervisionado, com linhas de financiamento abrangentes, e foram previstos empréstimos fundiários para investimentos, despesas operacionais e assistência ao colono (RODRIGUES et al., 2009).

Digitized by Google

Tocantins, representando atualmente 10% da produção total do Estado (IBGE, 2008).

Diante da necessidade de organização e desenvolvimento dos produtores integrantes do PRODECER III, foi fundada em 27/06/1998 a COAPA – Cooperativa Agroindustrial do Tocantins - Pedro Afonso, composta por 28 membros, logo se tornou a cooperativa de todos os produtores desta região. Dentre suas funções pode-se citar: fomento à pesquisa, comercialização de defensivos e insumos agrícolas, assistência técnica e prestação de serviços nas áreas de recebimento, beneficiamento e armazenamento de grãos tais como soja, milho, sorgo, milheto e feijão, o armazém da COAPA tem capacidade para armazenar 60.000 toneladas ou 1.000.000 de sacos de soja (COAPA, 2010).

A COAPA atua nos seguintes municípios da região: Pedro Afonso, Tupirama, Bom Jesus do Tocantins, Santa Maria do Tocantins, Centenário, Itacajá e Goiatins, Recursolândia, Porto Real, Rio Sono, Guaraí, Fortaleza do Tabocão, Miracema, Tocantínia e Campos Lindos (COAPA, 2010).

A tabela 3.1 apresenta os dados da produção média de sacos por hectare na safra de 2004/05 até a estimativa da safra de 2009/10. Sendo importante salientar que o início da produção de soja no município de Pedro Afonso iniciou com produtividade média de 12 sacos por hectare.

Tabela 3.1 - Produção média de soja no município de Pedro Afonso-TO

SAFRA	PRODUÇÃO MÉDIA SACOS[1] POR HECTARE
2004/2005	41
2005/2006	38
2006/2007	39
2007/2008	46
2008/2009	45
2009/2010	47

[1] A unidade 1 saco equivale a 60 Kg
Fonte: COAPA (2010)

Digitized by Google

Observando a tabela 3.1 percebe-se que na safra 2004/05 a produtividade média chegou a 41 sacos/ha, e na safra de 2009/10 a produtividade chegou a 47 sacos por hectare, apresentando o melhor desempenho de produção dentro do período apresentado na tabela. Ressalta-se que as áreas de cultivo da soja no município oscilam entre 150 a 2.000 hectares, sendo que os produtores utilizam um nível de tecnologia de média a alta. Os principais compradores da soja, a qual é vendida *in natura*, na região são as empresas Bunge e Cargill.

O início do plantio no município ocorre entre os meses de outubro e dezembro, sendo a primeira safra colhida em fevereiro, pois as cultivares de soja utilizadas possuem ciclo de produção variando de 90 a 125 dias. As cultivares de soja plantadas no município estão listadas na tabela 3.2 a seguir.

Tabela 3.2 - Cultivares de soja plantada no município de Pedro Afonso – TO

Pionner	Nidera	Monsanto
P98Y70	A-7002	M 8866
P98Y51	NA8015	M 9056
P99R03		M 9144
P99R01		M 8766

Fonte: COAPA (2010)

A Bunge em parceria com a empresa japonesa Itochu iniciaram as atividades de sua empresa sucroalcooleira no município de Pedro Afonso. Inclusive, recentemente, a multinacional firmou contrato com a Companhia Vale do Rio Doce para transportar etanol pela Ferrovia Norte-Sul até o Porto de Itaqui, localizado no Estado do Maranhão. A construção da usina vai possibilitar a produção de açúcar, etanol e energia renovável. A iniciativa prevê o plantio de 10 mil hectares e a produção de 1,4 milhões de toneladas por ano. A expectativa é que sejam gerados 1.400 empregos diretos e 7.000 indiretos. Em 2012, o processamento de cana deve aumentar para 4,4 milhões de toneladas. As especulações locais são de que a produção da cana-de-açúcar desloque a soja, que hoje ocupa a região de Pedro Afonso, para outras áreas no Tocantins (AGROMUNDO, 2010).

Digitized by Google

Após a instalação da Bunge, no setor sucroalcooleiro, as terras da região serão disputadas entre a plantação de grãos, como a soja, e a expansão da ocupação do cultivo da cana-de-açúcar, ainda incipiente, mas com potencial para crescer, uma vez que é uma empresa multinacional que está implantando e financiando o empreendimento. Na safra 2009/10, algumas áreas que anteriormente eram utilizadas para o cultivo da soja, foram utilizadas para o cultivo da cana-de-açúcar. Segundo dados locais, o percentual de ocupação da cana-de-açúcar já chega a 40% e a soja 60%. A área plantada de cana-de-açúcar nesta época foi aproximadamente 26.000 hectares, sendo que a maior parte das áreas cultivadas são da própria Bunge, mas alguns proprietários já estão arrendando suas terras para a usina em questão. De acordo com dados da COAPA aproximadamente 13 lotes do programa PRODECER III estão sendo arrendados e ocupados pela plantação da cana-de-açúcar (ROCHER, 2010; COAPA, 2010).

3.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁREA DE ESTUDO

3.3.1 Geologia

A geologia da região é caracterizada por três ambientes geológicos: Coberturas Cenozóicas, Bacia Sedimentar do Parnaíba e em pequena quantidade de Faixa de Dobramentos do Proterozóico Médio e Superior (MENESES, 2003 *apud* PIRES, 2006).

O mapa geológico do ZEE (Zoneamento Ecológico-Econômico) na escala 1:250.000, produzido a partir de imagens multiespectrais do satélite Landsat TM, Mapas Geológicos do Estado do Tocantins e Projeto RADAMBRASIL, classifica a geologia da região em Holoceno Aluvionar, Formação Poti, Formação Langá, Formação Cabeças e Formação Pimenteiras (SEPLAN, 2000).

• Holoceno Aluvionar (Ha): aluviões areno-argilosos, inconsolidados, produtos das periódicas inundações fluviais das bacias dos rios Tocantins e Araguaia.

Digitized by Google

• Formação Poti (Cpo): arenitos cinza esbranquiçados, finos a médios, intercalados por arenitos grosseiros com estratificações cruzadas e folhelhos; a base seria representada por folhelhos vermelhos, amarelos e micáceos.

• Formação Langá (DL): folhelhos intercalados por siltitos, ambos bem estratificados com níveis de arenitos argilosos e argilitos.

• Formação Cabeças (Dc): arenitos mal selecionados, cimento caulínico, níveis subordinados de paraconglomerados, siltitos. Presença de estratificações cruzadas.

• Formação Pimenteiras (Dp): arenitos finos a grosseiros, siltitos, siltitos foliáceos ferruginosos, argilitos, níveis conglomeráticos e microconglomeráticos subordinados.

3.3.2 Geomorfologia

A geomorfologia (relevo) está caracterizada pelo vale do Rio Tocantins, a oeste, com altitudes médias de 200m acima do nível do mar. No restante do município predomina as formações levemente onduladas com algumas pequenas formações montanhosas isoladas, a altitude média de 320m (SEBRAE, 2006).

Os conceitos seguintes referem-se aos tipos de modelados representados no mapeamento, que será elaborado a partir de mapas preexistentes da região do presente trabalho fornecidos pela SEPLAN (2000), eles são:

• formas estruturais: relevo cuja topografia é condicionada pela estrutura. Neste caso, processos morfodinâmicos geram formas de relevo em conformidade com a estrutura geológica. As camadas mais resistentes sobressaem no relevo. Neste município tem-se a presença de Patamares Estruturais (SEpt).

• formas erosivas: formas de relevo constituídas a partir de processos predominantemente erosivos, onde houve um rebaixamento das saliências, tendendo ao nivelamento do relevo. Neste município tem-se a presença de Terraços Fluviais (Etf).

Digitized by Google

• tipos de dissecação: formas de relevo entalhadas pelos agentes erosivos, havendo uma dissecação diferencial do relevo, principalmente ao longo da rede hidrográfica. Neste município tem-se a presença de Dissecado em Mesas (Dm).

• formas de acumulação: relevos resultantes do depósito de sedimentos, em regiões fluviais, paludais e lacustres, normalmente sujeitos a inundação. Neste município tem-se a presença de Terraços Fluviais (Aptf) e Áreas de Acumulação Inundáveis (Aai).

3.3.3 Pedologia

A preocupação com o conhecimento dos solos acha-se registrada desde os tempos históricos e isso é fácil de entender a partir do momento em que os homens passaram a cultivar plantas, logo procuraram reconhecer as melhores terras para os seus cultivos. Nos tratados escritos na Roma dos Cesares sobre agricultura, os mesmos incluíam informações sobre a qualidade dos solos e como reconhecê-los (QUEIROZ NETO, 2003).

Os solos, como interface da litosfera, atmosfera, biosfera e hidrosfera, desempenham um papel importante nas atividades humanas visto ser a base de sustentação de grande número delas. Além disso, por refletir as interações da rocha de origem com o clima e os componentes bióticos da paisagem, constituem um excelente estratificador do meio, particularmente em grandes escalas (ASSAD; HAMADA; CAVALIERI, 1998).

De modo geral, os levantamentos de solos fornecem informações que permitem inferir a dinâmica ambiental. Por isso, algumas metodologias de avaliação das terras partem de levantamentos de solos, principalmente quando se destinam à avaliação da terra para fins de agricultura (ASSAD; HAMADA; CAVALIERI, 1998).

O levantamento das informações referentes a pedologia da região de estudo foi baseado em levantamentos preexistentes. Para tanto, utilizou-se o mapa pedológico na escala 1:250.000 elaborado pela SEPLAN (2000).

Digitized by Google

De acordo com o mapa pedológico, as unidades de mapeamento de solos da área de estudo são as seguintes: Latossolo Amarelo Distrófico (LA1), Latossolo Vermelho-Escuro (LE1 e LE2), Latossolo Vermelho-Amarelo (LV1 e LV2), Neossolos Quartzarênicos (AQ6), Plintossolo Pétrico Concrecionário (SC5 e SC9).

A seguir serão descritos os tipos de solos da área de estudo presentes na legenda dos mapas elaborados pela SEPLAN (2000):

• Latossolo Amarelo Distrófico (LA1): textura média, relevo plano e suave ondulado.
• Latossolo Vermelho-Escuro (LE)
• Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico (LE1): textura argilosa, relevo plano e suave ondulado.
• Latossolo Vermelho-Escuro (LE2): textura argilosa mais Plintossolos Pétricos Concrecionários Indiscriminados Tb textura indiscriminada ambos distróficos relevo plano e suave ondulado.
• Latossolo Vermelho-Amarelo (LV)
• Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LV1): textura média e argilosa, relevo suave ondulado e plano (Inclusão: Neossolo Quartzarênico).
• Latossolo Vermelho-Amarelo (LV2): concrecionário ou não, textura média e argilosa, relevo suave ondulado mais Plintossolos Pétricos Concrecionários Indiscriminados Tb textura indiscriminada relevo suave ondulado e ondulado ambos distróficos.

Os Latossolos são solos minerais, não-hidromórficos, profundos (normalmente superiores a 2 m), horizontes B muito espesso (> 50 cm) com seqüência de horizontes A, B e C pouco diferenciados; as cores variam de vermelhas muito escuras a amareladas, geralmente escuras no A, vivas no B e mais claras no C. A sílica (SiO_2) e as bases trocáveis (em particular Ca, Mg e K) são removidas do sistema, levando ao enriquecimento com óxidos de ferro e de alumínio que são agentes agregantes, dando à massa do solo aspecto maciço poroso; apresentam estrutura granular muito pequena; são macios quando secos e altamente friáveis quando úmidos (SOUSA; LOBATO, 2005).

Digitized by Google

Os Latossolos são passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamento. Normalmente, estão situados em relevo plano a suave-ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7%, o que facilita a mecanização. São profundos, porosos, bem drenados, bem permeáveis mesmo quando muito argilosos friáveis e de fácil preparo. Apesar do alto potencial para agropecuária, parte de sua área deve ser mantida com reserva para proteção da biodiversidade desses ambientes (SOUSA; LOBATO, 2005).

• Neossolo Quartzarênico (AQ6): é uma associação de Neossolos Quartzarênico relevo suave ondulado mais Neossolo Quartzarênico Hidromórficas relevo plano mais Glei Pouco Húmico Tb textura média e argilosa, relevo plano todos distróficos (inclusão: solo aluvional distrófico Tb textura indiscriminada).

Em geral, são solos originados de depósitos arenosos, apresentando textura areia ou areia franca ao longo de pelo menos 2m de profundidade. Esses solos são constituídos essencialmente de grão de quartzo, sendo, por conseguinte, praticamente destituídos de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo. Seu ambiente de ocorrência se dá nos Cerrados e está relacionada a depósitos arenosos de cobertura, normalmente em relevo plano ou suave ondulado. Em relevo mais movimentado, esses solos não permanecem estáveis (SOUSA; LOBATO, 2005).

• Plintossolo Pétrico Concrecionário (SC5): é uma associação de Plintossolo Pétrico Concrecionário Indiscriminados textura indiscriminada mais Latossolo Vermelho-Amarelo textura média ambos distróficos relevo suave ondulado e ondulado.
• Plintossolo Pétrico Concrecionário (SC9): é uma associação de Plintossolo Pétrico Concrecionário com B Textural Tb textura média/argilosa relevo ondulado mais Podzólico Vermelho-Amarelo Tb raso concrecionário textura média relevo ondulado mais Latossolo Vermelho-Amarelo textura média relevo suave ondulado todos distróficos.

Os Plintossolos Pétricos Concrecionários são comuns nas Regiões Central e Norte do Brasil, sendo usualmente pobres quanto à fertilidade natural e, devido ao impedimento, à mecanização e à penetração de raízes, representada pelas concreções,

Digitized by Google

são normalmente utilizada para pastagens. Localmente, encontram-se plintossolos pétricos concrecionários exibindo fertilidade natural elevada quando ocupam encostas com maior declividade e, muitas vezes, relacionadas com bordas antigas superfícies de erosão ou superfície de aplanamento da região central do Brasil (MOREIRA; OLIVEIRA, 2008).

3.3.4 Vegetação

A vegetação potencial ao longo do município é a região da savana (cerrado), com predominância de vegetação xeromorfa aberta, dominada e marcada por um estrato herbáceo. Ela ocorre em quase todo o Estado, preferencialmente em clima estacional (mais ou menos 6 meses secos), sendo encontrada também em clima ombrófilo, quando obrigatoriamente reveste solos lixiviados e/ou aluminizados. A dinâmica do fogo cumpre um papel importante na manutenção e na expansão dessa unidade de vegetação. Existem evidências fitoecológicas que a área ecológica dos cerrados seria menor do que a atual, tendo as populações indígenas, sobretudo pelo uso do fogo, contribuindo decisivamente na sua expansão (SEPLAN, 2000).

As formações de vegetação potencial presentes no município são: Campo Cerrado (As), Parque (Sp) e Gramíneo Lenhosa com Floresta de Galeria (Sgf).

• Campo Cerrado: de origem natural ou antrópica, as formações campestres são áreas com predomínio absoluto de espécies herbáceas e algumas arbustivas, faltando árvores na paisagem. Quando naturais são delimitadas pelas áreas encharcadas das depressões. Pode também ocorrer em solos rasos, com presença de afloramento de rochas, possuindo uma composição diferenciada de espécies, com plantas adaptadas a esse ambiente (BNDES, s/d).

• Parque: é uma formação savânica caracterizada pela presença de árvores agrupadas em pequenas elevações do terreno, algumas vezes imperceptíveis e outras com muito destaque, que são conhecidas como murundus ou mochões. As árvores, nos locais onde se concentram, possuem altura média de três a seis metros. Considerando um trecho com os agrupamentos arbóreos e as depressões ou planos

Digitized by Google

campestres entre eles, forma-se uma cobertura arbórea de 5% a 20%. Considerando somente os agrupamentos arbóreos a cobertura sobe para 50% a 70% e cai praticamente para 0% nas depressões (RIBEIRO; WALTER, 2005).

• Gramíneo Lenhosa com Floresta de Galeria: constituída por gramíneas cespitosas, acompanhadas por espécies das famílias compostas, ciperáceas, leguminosas, entre outras (PROSINOS, 2009).

3.3.5 Hidrografia

O município possui recursos hídricos em abundância localizando-se nas Bacias Hidrográficas do Rio Tocantins, do Rio do Sono e do Rio Perdida. O Rio Tocantins banha toda a porção oeste do município e constitui a maior fonte natural de recursos hídricos para a implantação de projetos de irrigação. Além disso, o município é banhado pelo Rio Sono, Ribeirão Gameleira e Ribeirão Santa Rosa (SEBRAE, 2006).

3.3.6 Clima

Segundo SEBRAE (2006), climaticamente o município está dividido em duas faixas com áreas aproximadamente iguais.

Numa estreita faixa de território que ocupa toda a porção mais a leste, o clima predominante é o C2wA'a' – clima úmido sub úmido com moderada deficiência hídrica no inverno, evapotranspiração potencial média de 1500mm, distribuindo-se no verão em torno de 420mm ao longo de três meses consecutivos com temperatura mais elevada.

Na outra parte restante do município, predomina o clima B1wA'a' – clima úmido com moderada deficiência hídrica no inverno, evapotranspiração potencial apresentando uma variação média anual entre 1.400 e 1.700mm, distribuindo-se no verão em torno de 390 a 480mm ao longo dos três meses consecutivos com temperatura mais elevada.

Digitized by Google

A distribuição sazonal das precipitações pluviais está bem caracterizada acusando, no ano, dois períodos: a estação chuvosa entre os meses de outubro e abril e uma estação seca nos meses de maio a setembro. A precipitação média anual varia entre 1.500mm no extremo leste e 1.900mm na faixa mais a oeste (SEBRAE, 2006). Segundo SEPLAN (2000), a média anual da temperatura do ar neste município está na faixa de 28ºC.

3.4 PROCEDIMENTOS PARA COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS

Neste estudo a metodologia utilizada consistiu em pesquisa bibliográfica, descritiva e exploratória, onde foram identificados, analisados e descritos os dados referentes à agricultura de energia e a aplicação de geotecnologias voltadas para esta atividade no município de Pedro Afonso.

A seguir são apresentadas as etapas de desenvolvimento do presente trabalho.

A primeira etapa baseou-se no procedimento metodológico de levantamento bibliográfico utilizando como fonte de dados: livros, artigos, teses, dissertações, documentos em sites oficiais, direcionados para os principais assuntos abordados, tais como: agricultura de energia, soja, cana-de-açúcar, bioetanol, biodiesel, geotecnologias e outros.

Num segundo momento pesquisou-se material referente ao município de Pedro Afonso, em órgãos públicos como a SEPLAN-TO para obtenção de dados cartográficos para a elaboração dos mapas temáticos. Em seguida foram realizadas entrevistas não estruturadas, com o objetivo de obter dados para a pesquisa, em órgãos municipais como a COAPA, ADAPEC e Secretaria Municipal de Agricultura para adquirir informações sobre o desenvolvimento da agricultura de energia no município.

A terceira etapa consistiu no processamento e classificação das imagens digitais Landsat 5/TM órbita/ponto 222/66 e 222/67 para a confecção do mapa de uso e cobertura do solo e carta-imagem no software SPRING. A seguir realizou-se a importação destes dados para o software ArcGis, e procedeu-se a elaboração dos

Digitized by Google

mapas temáticos dos dados cartográficos disponibilizados pela SEPLAN-TO e o mapa cadastral do imóveis produtores de soja, para resultar em um banco de dados geográficos com informações pertinentes a agricultura de energia presente na área de estudo.

Realizou-se também uma etapa de campo com o objetivo de tirar dúvidas sobre a ocupação do solo e coletar informações adicionais para as etapas relacionadas a classificação das imagens e a elaboração do mapa cadastral, com o auxílio de um receptor GPS e uma câmera digital para validar as informações obtidas nos mapas elaborados.

Os produtos finais apresentados pelo trabalho são: 1)Mapa de uso e cobertura do solo 2)Carta-imagem e 3)Mapas temáticos (geologia, geomorfologia, pluviosidade, pedologia e vegetação potencial) 4) Mapa de culturas: soja e cana-de-açúcar 5)Mapa cadastral dos imóveis produtores de soja no município de Pedro Afonso 6)Banco de dados geográficos.

3.4.1 Imagens Landsat/TM

Foram utilizados os dados obtidos pelo satélite Landsat 5/TM (*Thematic Mapper*), na forma digital contendo as bandas 3, 4 e 5, o qual apresenta a resolução espacial de 30 metros e cujas características são apresentadas na tabela 3.3. As imagens foram adquiridas no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para a elaboração do mapa de uso e cobertura do solo, mapa de culturas e carta-imagem.

Digitized by Google

Tabela 3.3 - Características da Imagem Landsat 5 /TM

Data da Passagem		17/01/2010	
Órbita/ponto		222/66 e 222/67	
Largura da faixa imageada		185 Km	
Bandas	**Comprimento de onda (µm)**	**Região do Espectro Eletromagnético**	**Resolução Espacial**
3	0,630 - 0,690	Vermelho	30m
4	0,760 - 0,900	Infravermelho próximo	30m
5	1,550 - 1,750	Infravermelho médio	30m

Fonte: Silva; Francisco (2002)

Para a retificação das imagens Landsat, na órbita 222 nos pontos 66 e 67, foram utilizadas as imagens Landsat GeoCover datadas de 08/07/2000, bandas 3,4 e 5, disponibilizadas no site <http://glcfapp.glcf.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>. Por sua vez, esta imagem é georreferenciada e ortorretificada, ou seja, suas coordenadas x e y estão corrigidas.

3.4.2 Dados cartográficos

Utilizou-se os planos de informação de geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação potencial, declividade e pluviosidade da Base de Dados Geográficos do Estado do Tocantins, na escala 1:250.000, e datum horizontal SAD-69 para a confecção dos mapas temáticos dos dados que caracterizam a área de estudo (SEPLAN, 2000).

3.4.3 Entrada de dados

Através do módulo Impima do software SPRING, foi feita a leitura dos arquivos matriciais referentes às imagens Landsat 5/TM, em seguida estas foram recortadas, de acordo com a localização da área de estudo, e convertidas do formato .tiff para SPG (SPRING), adequado para a integração no sistema.

Digitized by Google

Na segunda etapa que foi realizada no *software* ArcGIS, os planos de informação cedidos pela SEPLAN, no formato shapefile foram importados para a confecção dos mapas temáticos.

A primeira etapa no software SPRING consistiu na criação de um banco de dados denominado " PedroAfonso_registro" com gerenciador Dbase[3] e um projeto denominado "*Pedro_registro*" com projeção UTM e Datum SIRGAS 2000 com meridiano central 45º 00'00" a oeste. É importante ressaltar uma particularidade deste município, pois o mesmo está situado em dois fusos 22 e 23, por isso a finalização dos dados desta pesquisa adotará coordenadas geográficas (latitude e longitude) e a projeção conhecida de Plate Carrée.

Definido o banco de dados, o projeto iniciou a modelagem dos dados, que configura a definição de categorias que podem ser do modelo imagem, cadastral, temático, numérico, rede ou não-espacial. Essas categorias determinam o tipo de dado que será manipulado dentro do projeto. A Tabela 3.4 a seguir apresenta os modelos e as categorias criadas neste projeto.

Tabela 3.4 - Categoria e dados utilizados no projeto "Pedro_registro" no SPRING

Modelo da categoria	Dados utilizados
Imagem	Imagens Landsat 5/TM, 222/66 e 222/67, bandas 3, 4 e 5.
	Imagens Landsat Geocover, bandas 3,4 e 5
	Mosaico das imagens Landsat 5/TM, 222/66 e 222/67.
Temático	Limite do município
	Uso e cobertura do solo
	Uso_culturas_soja e cana-de-açúcar

A seguir as imagens foram importadas para o banco de dados, para iniciar a etapa de processamento.

[3] Gerenciador *default* do software.

Digitized by Google

3.4.5 Pré-Processamento das imagens

As duas imagens que abrangem a área de estudo foram adquiridas no site do INPE, na órbita 222 nos pontos 66 e 67. Os valores de órbita/ponto correspondem aos fornecidos pelo Sistema Internacional de Referência e permitem a localização geográfica das imagens da área de estudo. Selecionou-se as cenas de 17 de janeiro de 2010, que corresponde ao período da proposta do projeto e da safra da cultura da soja, sendo importante salientar que dentre as imagens disponíveis para o período, esta foi a que apresentou baixa cobertura de nuvens.

As imagens do Landsat 5/TM foram georreferenciadas com o método imagem-imagem, associando-se pontos de fácil reconhecimento na imagem de referência e na imagem a ser registrada, utilizando 15 pontos de controle, com distribuição por toda a imagem.

Para a realização do georreferenciamento das imagens foi utilizado o polinômio de primeiro grau para correção espacial da imagem e o método de interpolação por vizinho mais próximo. Os pontos de controle foram obtidos da imagem Landsat GeoCover, em feições naturais ou artificiais com o objetivo de facilitar a localização dos mesmos.

Os dados Geocover surgem como uma fonte alternativa e gratuita para a realização do georreferenciamento, bem como de sua utilização para procedimentos de processamento digital de imagens, dentre outros objetivos. Projetado no sistema UTM (*Universal Transversa de Mercator*) e referenciado ao Datum WGS84 (World Geodetic System 1984), o GeoCover é um mosaico de imagens Landsat que foram ortorretificadas e processadas com um alto padrão de qualidade (GeoCover Technical Guide) e, comumente são adotados para a execução de georreferenciamento (JÚNIOR *et al.*, 2009).

O *Global Land Cover Facility* (GLCF) é um serviço disponibilizado pela Universidade de Maryland (GLCF, 2011), onde são oferecidos diversos tipos de imagens e produtos gerados por sensores orbitais. A base de dados GeoCover disponibiliza imagens

Digitized by Google

padronizadas e corrigidas geometricamente para toda a superfície do planeta, com exceção da Antártida (JÚNIOR *et al.*, 2009).

Após a realização do georreferenciamento foram utilizadas as técnicas de realce com o objetivo de melhorar o aspecto visual das imagens facilitando a interpretação dos dados e obtenção de uma composição colorida (RGB-345), assim as mesmas foram salvas na forma sintética, isto é, uma única imagem colorida, para a realização do mosaico. A Figura 3.2 exemplifica a composição colorida.

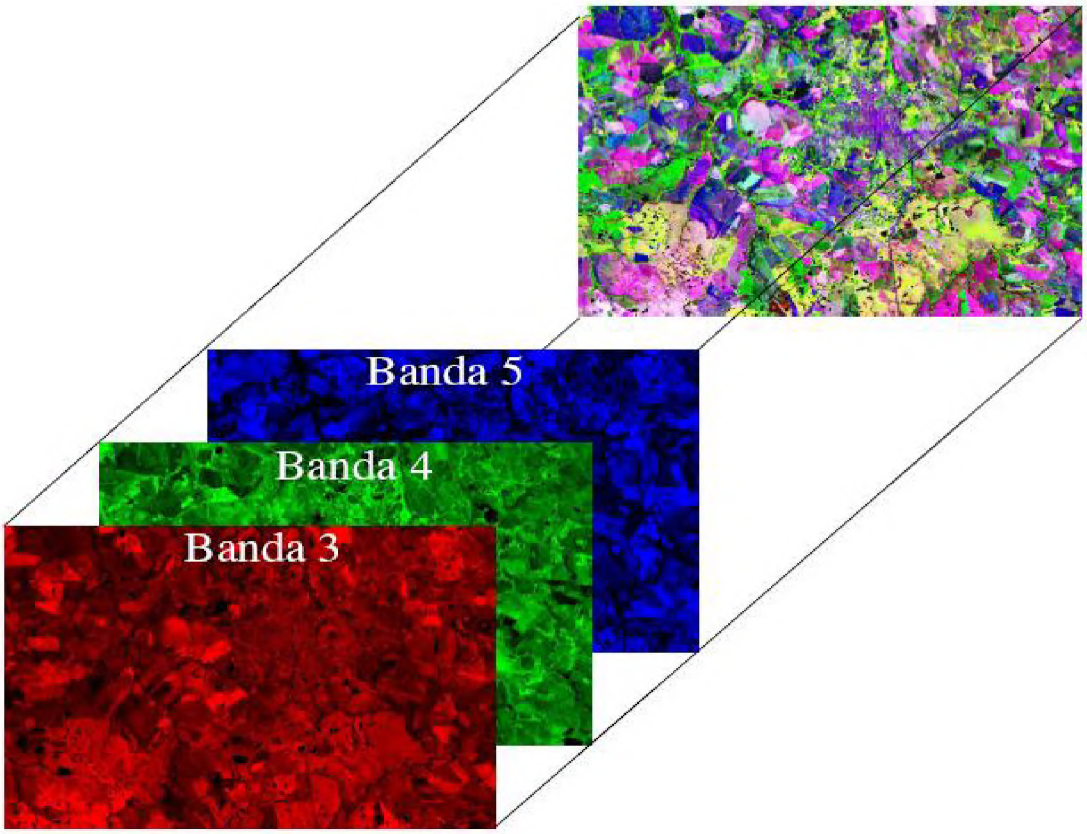


Figura 3.2 Composição colorida
Fonte: Figueiredo (2005, p.24)

Como a área de estudo é composta por duas cenas de imagem fez-se necessário a realização do mosaico. O mosaico pode ser definido como a junção de diferentes cenas em uma única imagem, correspondente a uma área geográfica definida (INPE, 2009).

Digitized by Google

3.4.6 Classificação

Para a produção do mapa temático de uso e cobertura do solo, as imagens Landsat 5/TM bandas 3, 4 e 5 foram classificadas pelo método de classificação supervisionada[4] por *pixels* com o classificador Máxima Verossimilhança ou MaxVer[5].

Inicialmente foi criado o arquivo de contexto, o qual armazena informações sobre o tipo de classificação, tipo de análise que neste caso foi por *pixel*, as bandas e as imagens utilizadas. Para a realização da classificação do tipo supervisionada foram executadas as seguintes etapas: treinamento, análise das amostras, classificação e mapeamento das classes.

A etapa seguinte foi de treinamento que visa a aquisição de amostras das respectivas classe de uso e cobertura do solo, as quais correspondem a caracterização dos tipos de uso e cobertura existente na área de estudo e ao objetivo da pesquisa, levando em consideração os elementos para facilitar a interpretação das imagens e reconhecimento destas classes.

As classes selecionadas para a elaboração do mapa de uso e cobertura do solo do município de Pedro Afonso foram: água, vegetação e pastagem, solo exposto, agricultura e área urbana. E a segunda classificação foi realizada utilizando os mesmos métodos, para apresentar a distribuição da agricultura de energia, sendo criadas as seguintes classes: soja, cana-de-açúcar e outras.

Para identificar e adquirir as amostras foram levados em consideração os elementos de interpretação citados por Florenzano (2008): tonalidade, cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão, localização e contexto, além disso, as chaves de interpretação citadas tabela 2.1.

---

[4] O método de classificação é dito supervisionado quando existe um conhecimento prévio de algumas áreas em que se deseja trabalhar, o que permite a seleção de amostras de treinamento confiáveis (VENTURIERI; SANTOS, 1998).

[5] MAXVER é o método de classificação "*pixel a pixel*" mais utilizado em dados de sensoriamento remoto. Este método considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos, para que o mesmo seja suficiente é necessário um número razoavelmente elevado de "*pixels*", para cada conjunto de treinamento (BATISTA; AFFONSO,2002).

Digitized by Google

Para aquisição das amostras na etapa de treinamento foi feita a digitalização das mesmas, em forma de polígonos. Na figura 3.3 é apresentado o resultado de algumas amostras digitalizadas para esta etapa. Finalizada a etapa de aquisição de amostras para as classes, a próxima etapa é a avaliação estatística das amostras de treinamento. Nesta análise é possível verificar o desempenho médio da amostragem e a confusão média, sendo gerada a matriz de confusão[6] do tema e da amostra.

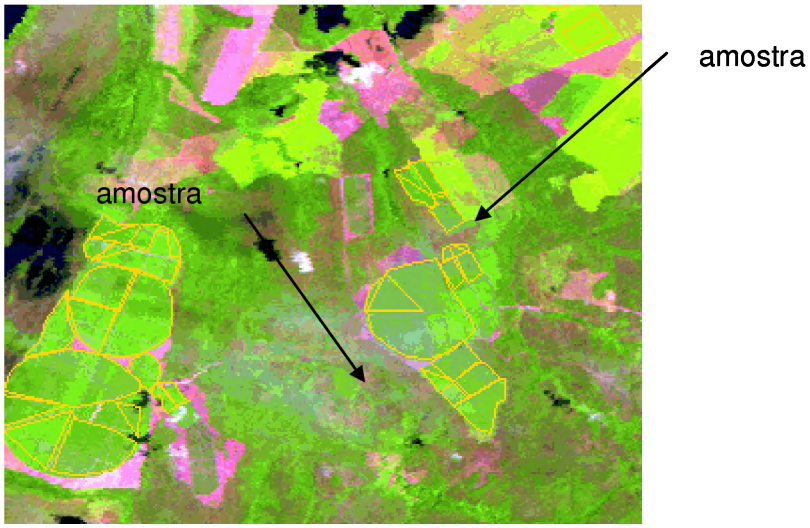


Figura 3.3 – Aquisição de amostras de agricultura na etapa de treinamento da classificação
Fonte: Dados da Pesquisa

O classificador utilizado foi o Maxver, com limiar de aceitação de 99%, segundo Santos, Peluzio e Saito (2010), o limiar de aceitação indica a porcentagem de *pixels* da distribuição de probabilidade de uma classe que será classificada como pertencente a mesma, por exemplo, um limite de 99% engloba 99% dos *pixels*, sendo que 1% serão ignorados (os de menor probabilidade) compensando a possibilidade de alguns *pixels* terem sido introduzidos no treinamento por engano, nesta classe, ou estarem no limite entre duas classes (SANTOS; PELUZIO; SAITO, 2010).

Após gerar a imagem classificada aplicou-se a pós-classificação, com o objetivo de uniformizar os temas, ou seja, eliminar os pontos isolados, classificados

[6] A matriz de confusão ou de erros é usada para avaliar o resultado de uma classificação. O número de acertos, para cada classe é apresentado na diagonal principal e os demais elementos representam os erros da classificação. A matriz de confusão de um classificador ideal possui todos esses elementos iguais a zero, uma vez que não comete erros. A partir da matriz de confusão obtém-se o desempenho geral da classificação e o cálculo do índice kappa (POZO, s/d e SULSOFT 2008).

Digitized by Google

diferentemente de sua vizinhança, com isso obteve-se uma imagem classificada com aparência menos ruidosa.

Realizada a pós-classificação foi criado um modelo de dados temático, que contém as classes: água, vegetação e pastagem, solo exposto, agricultura e área urbana, soja, cana-de-açúcar e outras. Para tanto, escolheu-se as apresentações gráficas para as referidas classes. A próxima etapa referiu-se ao mapeamento das classes temáticas para a imagem pós-classificada, então foi gerada uma imagem na categoria temática com o plano de informação imagem classificada.

Com a geração da imagem classificada realizou-se o recorte do plano de informação, o SPRING possui esta ferramenta a qual permite delimitar ou mascarar qualquer plano de informação (PI) de um projeto, a figura 3.4 apresenta esta operação realizada no projeto.

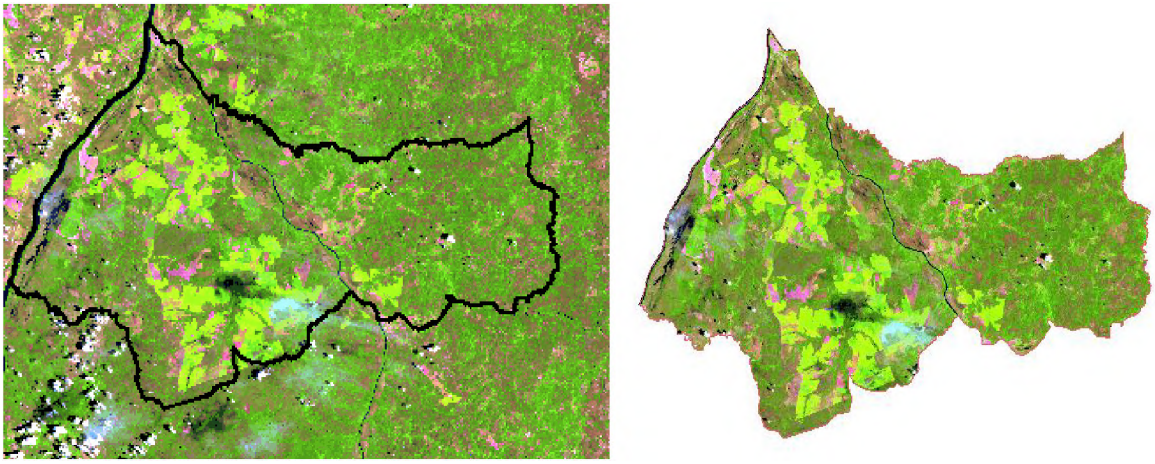


Figura 3.4 – Recorte do plano de informação município de Pedro Afonso-TO
Fonte: Dados da Pesquisa

Para concluir esta etapa obteve-se o valor das áreas em hectares para as respectivas classes temáticas criadas, tendo o uso e cobertura do solo e a respectiva ocupação destas na área de estudo.

Digitized by Google

3.4.7 Trabalho de campo

Esta etapa da pesquisa foi primordial para conferir as amostras adquiridas durante a classificação das imagens, de forma a minimizar as dúvidas, através de uma visita local com apoio do Sistema de Posicionamento Global – GPS sobre a possível associação de amostras a determinadas classes de forma a comprometer o resultado. Como por exemplo, confusão de amostras que pertencem a solo exposto serem classificadas como área urbana.

O trabalho de campo apoiou-se no mapa resultante da classificação das imagens utilizadas nesta pesquisa, contendo as informações espaciais das diferentes classes de uso e ocupação do solo. Também foi utilizada a imagem referente à área de estudo para facilitar a localização.

Assim foram coletados pontos de identificação de algumas classes tais como: agricultura, soja, cana-de-açúcar e vegetação, com sua respectiva referência geográfica (latitude e longitude), utilizando o datum SIRGAS 2000 e um receptor GPS de navegação nesta etapa. Devido à extensão da área, a escolha dos pontos foi aleatória, e ainda foram tiradas fotografias dos mesmos para validar as classes de uso.

Após a verificação em campo, cada ponto coletado foi digitalizado no software SPRING para reconhecer a sua localização na imagem e validar a classificação dos mesmos.

Esta etapa torna-se extremamente importante, a fim de evitar confusão entre temas, que pode acontecer principalmente quando se trabalha com áreas de cultura de diferentes variedades. Neste caso, tanto a soja quanto a cana-de-açúcar ocupam extensas áreas o que facilita a sua identificação na imagem.

Digitized by Google

3.4.8 Elaboração dos mapas temáticos da área de estudo

Esta etapa foi realizada no software ArcGIS, devido a necessidade de conversão do datum, pois os dados provenientes das imagens está em datum diferente dos planos de informação disponibilizados pela SEPLAN, ou seja, o conjunto de dados utilizados no projeto deve compartilhar a mesma referência espacial, isto é, devem ter o mesmo sistema de coordenadas. Além disso, o *software* possui ferramentas disponíveis para uma elaboração de qualidade para *layout* dos mapas.

Primeiramente organizou-se os planos de informação sobre a área de estudo. Tais planos foram disponibilizados pela SEPLAN (2000) e por fazerem parte do Banco de Dados do Tocantins os mesmos abrangem todo o Estado. Em seguida foram selecionados os planos de informação para a elaboração dos mapas temáticos, sendo eles: geologia, geomorfologia, vegetação potencial, pluviosidade, declividade e pedologia, todos na escala 1:250.000 e datum SAD-69. Porém, como os mesmos estavam referenciados ao datum SAD-69, e o projeto no ArcGIS adotou o datum SIRGAS 2000 foi necessária a transformação de datum.

O ArcGIS possibilita a realização desta conversão através da ferramenta *Geographic Transformation*. Esta ferramenta apresenta uma lista de possíveis transformações e os métodos para a realização das mesmas, neste projeto optou-se por *Molodenski*, e assim foram digitados os parâmetros (ΔX, ΔY, ΔZ) para esta transformação, que estão dispostos na tabela 3.5 a seguir.

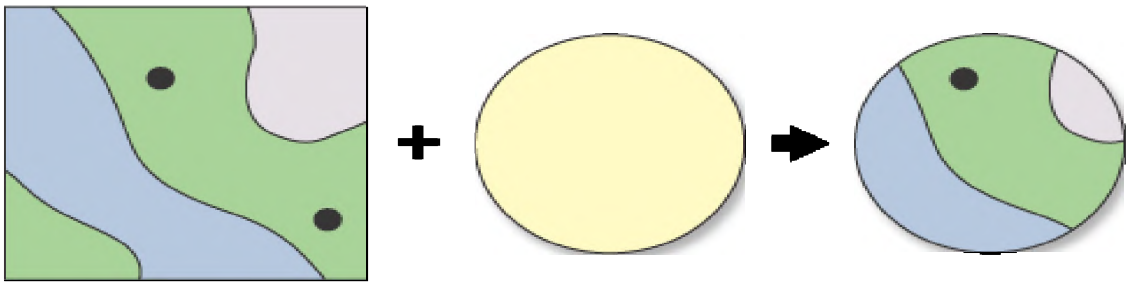
Tabela 3.5 Parâmetros para mudança de datum SAD69 para SIRGAS 2000

Parâmetros para Mudança de Datum	
Sistema de origem: SAD-69	Sistema de destino: SIRGAS 2000
a1= 6.378.160m	a2= 6.378.137m
f1= 1/298,25	f2= 1/298,257222101
ΔX= -67,35m ΔY= 3,88m ΔZ= -38,22m	

Fonte: MACEDO (2009)

Digitized by Google

A partir desta organização os planos de informação que abrangem a área de estudo foram recortados a partir da ferramenta *clip*, utilizando-se como base o plano de informação limite municipal. Tal ferramenta possibilita a extração dos dados referentes apenas ao plano de informação selecionado, ou seja, representa o recorte dos dados que cobrem esta área, a figura 3.5 exemplifica a função do *clip* dentro software ArcGIS.



Dados de Entrada **Clip** **Dados da Saída**

Figura 3.5 – Exemplo da função clip no ArcGIS
Fonte: ESRI (2006)

Assim foi realizada a uniformização dos dados pertencentes às classes de cada plano de informação, com o objetivo de integrar os dados para posterior elaboração dos mapas temáticos. A próxima etapa foi a importação das imagens processadas no SPRING, no formato tiff/geotiff, para o *software* ArcGIS. Com os dados no mesmo projeto, a próxima etapa foi a elaboração do *layout* para os mapas temáticos e a carta-imagem, gerados no formato A4 e escala 1: 500.000.

3.4.9 Estimativa das áreas de agricultura

Para a realização deste processo foi necessária à etapa de vetorização das áreas cultivadas com soja e cana-de-açúcar, neste momento utilizou-se os parâmetros de interpretação de imagens que foi comparado *in loco* por meio de visita ao município em questão, possibilitando a identificação e diferenciação das mesmas. É importante salientar, que a estimativa da área cultivada foi possível devido à extensão que estas culturas ocupam.

Digitized by Google

Em virtude de existir algumas áreas de vegetação dentre as áreas cultivadas, as mesmas foram excluídas do cálculo da estimativa. Para tanto foi utilizada a ferramenta operações métricas disponível no SPRING, obtendo um relatório das áreas selecionadas.

3.4.10 Elaboração do mapa cadastral de imóveis produtores de soja no município de Pedro Afonso

A partir da importação das imagens para o projeto "Pedro Afonso" no ArcGis, iniciou a elaboração do mapa cadastral, que segundo Câmara e Medeiros (1980) apresenta elementos, que são considerados como um objeto geográfico, com atributos específicos e que pode ser associado a várias representações gráficas.

Para iniciar a montagem do mapa cadastral dos imóveis produtores de soja do município de Pedro Afonso, realizou-se uma visita local para adquirir informações sobre os mesmos, sendo que a ADAPEC – Agência de Defesa Agropecuária do Tocantins (2010) disponibilizou uma lista destes imóveis, com suas respectivas coordenadas geográficas (latitude e longitude), e a área plantada em cada propriedade na safra de 2008/09. Os dados relacionados à safra 2009/10 foram disponibilizados pela COAPA – Cooperativa Agroindustrial do Tocantins (2010).

A seguir com os respectivos dados iniciou-se elaboração do mapa cadastral com a criação do *shape* "pontos" no *ArcCatalog* no ArcGIS. Este foi inserido no projeto e assim realizou-se o lançamento de todos os pontos referentes à localização dos imóveis produtores de soja do município de Pedro Afonso, dos Armazéns (COAPA, BUNGE), e da Usina Bunge – Açúcar, Álcool e Bioenergia, a partir das coordenadas geográficas, utilizando a ferramenta *Editor* do ArcGIS.

Após encerrar o lançamento dos pontos, foram criados os campos da tabela que apresentam as informações sobre o cadastramento dos mesmos, que são: prop – denominação da propriedade, área soja_1 – área plantada de soja na safra 2008/09, área soja_ 2 – área plantada de soja na safra 2009/10, latitude e longitude e fotografia, este último para alguns pontos em que foi possível obtê-las.

Digitized by Google

Finalizada esta etapa, utiliza-se a ferramenta *Identify* do ArcGIS (2006) que apresenta a identificação do ponto e a tabela contendo os dados sobre os mesmos.

3.4.11 Banco de dados geográficos

A partir do processamento e elaboração dos dados desta pesquisa, e inclusão destes no *software* ArcGIS possibilitou a geração de mais um produto que resultou na construção de um banco de dados geográfico, o qual possui: as imagens Landsat 5/TM órbita/ponto 222/66 e 222/67 pré-processadas e classificadas no SPRING, que resultaram nos seguintes produtos: 1) carta-imagem 2) mapa das culturas 3) mapa de uso e cobertura do solo; os planos de informação cedidos pela SEPLAN-TO (2000), utilizados para a elaboração dos mapas temáticos (geologia, geomorfologia, pluviosidade, pedologia e vegetação potencial), e o mapa cadastral dos imóveis produtores de soja.

A figura 3.6 apresenta o fluxograma do banco de dados geográficos elaborado.

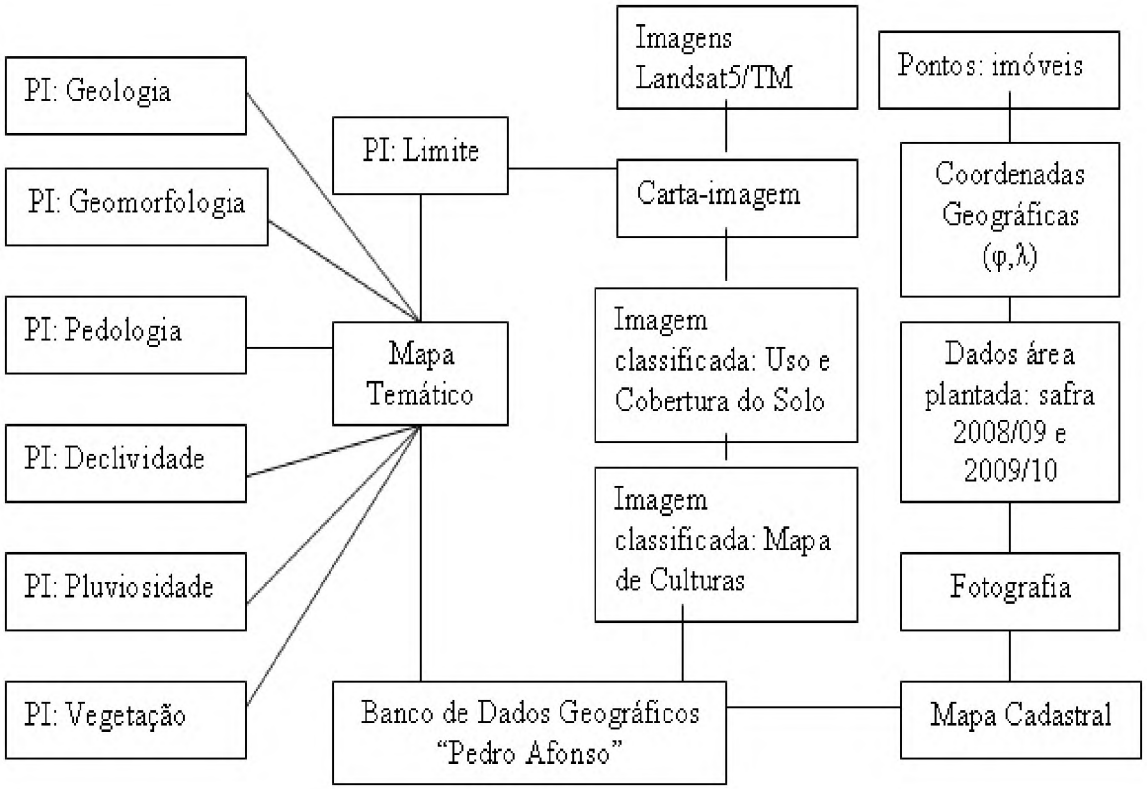


Figura 3.6 - Fluxograma do banco de dados geográficos "Pedro Afonso"
Fonte: Elaborado pela autora

Digitized by Google

Com a integração dos dados obtidos, em um banco de dados no *software* ArcGIS, abre-se a possibilidade de criar outros trabalhos a partir deste. Portanto, é possível gerar novos produtos derivados dos originais, e ainda realizar a inclusão, exclusão, substituição e cruzamento de várias informações produzindo novos dados, e facilitando o acesso ao conjunto de informações. Além de servir de fonte de pesquisa para diversos órgãos municipais, estaduais e federais ligados ao monitoramento da produção da agricultura de energia no município de Pedro Afonso.

Digitized by Google

Capitulo IV

Digitized by Google

RESULTADOS DA APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA GEOTECNOLOGIAS SOBRE O MUNICÍPIO DE PEDRO AFONSO (TO)

O uso de geotecnologias, o referencial teórico e a metodologia bibliográfica e de pesquisa de campo foram ferramentas utilizadas nesta pesquisa sobre o desenvolvimento da agroenergia no Município de Pedro Afonso (TO) que resultaram em seis produtos finais: 1) Carta-imagem; 2) Mapa de uso e cobertura do solo; 3) Mapa das culturas; 4) Mapas temáticos; 5) Mapa cadastral; 6) Banco de dados geográficos.

4.1 PRÉ-PROCESSAMENTO DAS IMAGENS

O resultado obtido desta etapa de pré-processamento foram as imagens do satélite Landsat 5/TM georreferenciadas da órbita 222 e pontos 66 e 67. O erro dos pontos de controle no processo de registro da imagem 222/66 foi de 0,365 *pixel* e da imagem 222/67 foi de 0,486 *pixel*, o que representa um erro aproximado de 15 m em ambas as imagens. Segundo Crosta (1992), a margem de erro recomendável varia em torno de 1 *pixel*, estando o resultado obtido dentro da tolerância permitida.

4.2 CARTA-IMAGEM DO MUNICÍPIO DE PEDRO AFONSO

A partir das imagens Landsat 5/TM elaborou-se a carta-imagem, apresentada na figura 4.1, referente ao município de Pedro Afonso, que auxilia na visão espacial da situação da área e de suas características. A carta-imagem tem como vantagem o aspecto multitemporal, ou seja, pode ser atualizada periodicamente, permitindo a realização de novos estudos.

4.3 CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS

A classificação das imagens desta pesquisa teve como objetivo apresentar o uso e cobertura do solo referente ao município de Pedro Afonso, identificando e mapeando

Digitized by Google

as áreas ocupadas pela produção agrícola, que pode ser destinada a produção de energia, por isso se restringiu as culturas de soja e da cana-de-açúcar.

A classificação utilizou o método supervisionado por Máxima Verossimilhança, após a coleta de amostras na etapa de treinamento, as mesmas foram avaliadas e apresentaram o desempenho médio de amostragem de 94,34%. De acordo com Congalton e Green (1998) *apud* Santos, Peluzio e Saito (2010), as classificações das imagens geradas em sensoriamento remoto são identificadas em determinados intervalos de valores. Landis e Koch (1977) *apud* Rodrigues, Rocha e Perez Filho (2007) associam esses valores, ou seja, o índice kappa à qualidade da classificação de acordo com a tabela 4.1.

Tabela 4.1 A qualidade da classificação associada aos valores do índice Kappa

Índice Kappa (k)	Qualidade
0.00	Não concordante
0.01 a 0.20	Ruim
0.21 a 0.40	Razoável
0.41 a 0.60	Boa
0.61 a 0.80	Muito Boa
0.81 a 1.00	Excelente

Fonte: Landis; Koch (1977, p.165) *apud* Rodrigues; Rocha; Perez Filho (2007)

Esse Índice Kappa apresentado na tabela 4.1 mostra o nível de aceitação da amostragem adquirida durante a classificação, tendo-se variações de erros de omissão e inclusão entre as classes criadas. Para a classificação objetivando o uso e ocupação do solo o índice Kappa foi de 91,74%, ou seja, 0,917, enquadrando-se como excelente. A avaliação da qualidade de cada classe individual no mapa recorre ao cálculo de medidas como a precisão global, o Kappa, precisão do utilizador e a precisão do produtor (JENSEN, 1996 *apud* CAETANO; SANTOS; GONÇALVES, 2002).

Entretanto, a classificação que apresenta apenas as áreas de produção agrícola da soja e cana-de-açúcar obteve desempenho médio de 88,71%, e o índice Kappa foi de 73,44%, ou seja, 0,734, enquadrando-se como muito boa, entretanto ainda houve um

Digitized by Google

nível de confusão entre as classes "outras", que envolvia a vegetação e a classe cana-de-açúcar devido a características similares entre as mesmas.
Considerando a existência de nuvens neste período de safra, verifica-se a diminuição na precisão dos valores estimados na ocupação das classes criadas para o mapeamento, visto que uma pequena parte da área de estudo estava coberta por nuvens. E também a omissão e inclusão de determinadas classes, tais como: vegetação e agricultura, podem ser considerados erros inevitáveis quando se trabalha com classificação.

Nesse sentido, alguns autores relatam que a existência de nuvens durante o período de safra, principalmente as culturas de verão, como a soja, impõe sérias limitações ao uso operacional das técnicas de sensoriamento remoto para fins de mapeamento e estimativas de safras. Para contornar estes problemas seria necessária a utilização de imagens de um satélite com alta resolução espacial e temporal, ou seja, com frequência diária (RUDORFF; MOREIRA, 2002; SUGAWARA; RUDORFF; ADAMI, 2008).

Segundo Rizzi (2004), através da classificação das imagens digitais de sensoriamento remoto é possível a identificação e a quantificação da área ocupada, proporcionando a localização espacial dos talhões. Sendo assim, poderia facilitar uma aferição diretamente no campo, bem como a estimativa/previsão em anos subsequentes. Entretanto, somente certas culturas poderiam ser monitoradas com imagens de média resolução espacial, são aquelas que ocupam maiores áreas, em talhões cujas dimensões mínimas geralmente superam uma dezena de hectares (LUIZ; EPIPHANIO, 2001 *apud* RIZZI, 2004).

No caso do município de Pedro Afonso, a identificação e mapeamento tanto da cultura da soja e cana-de-açúcar foram realizados devido a vocação agrícola da produção da oleaginosa na região e a instalação da Usina Bunge que produzirá açúcar, etanol e bioenergia, bem como as extensas áreas ocupadas pelas culturas. Assim, a pequena área coberta pelas nuvens na imagem diminuiu a precisão dos valores estimados referentes classes criadas, visto que as mesmas não foram quantificadas, e nem classificadas.

Digitized by Google

Os mapas de uso e cobertura do solo resultantes da classificação das imagens Landsat 5/TM do ano de 2010 e o mapa de culturas-soja e cana-de-açúcar são apresentados nas figuras 4.2 e 4.3 respectivamente.

Digitized by Google

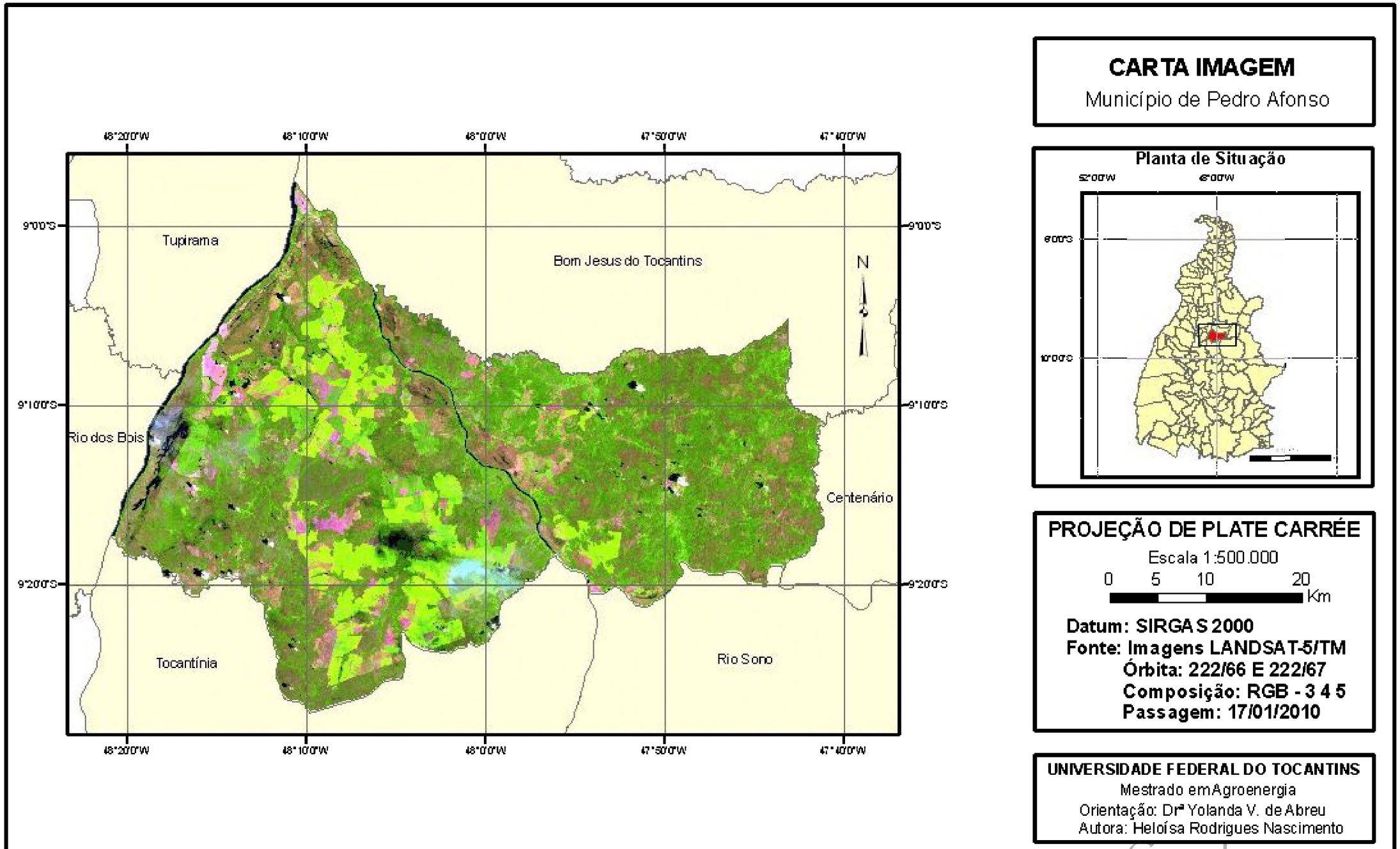
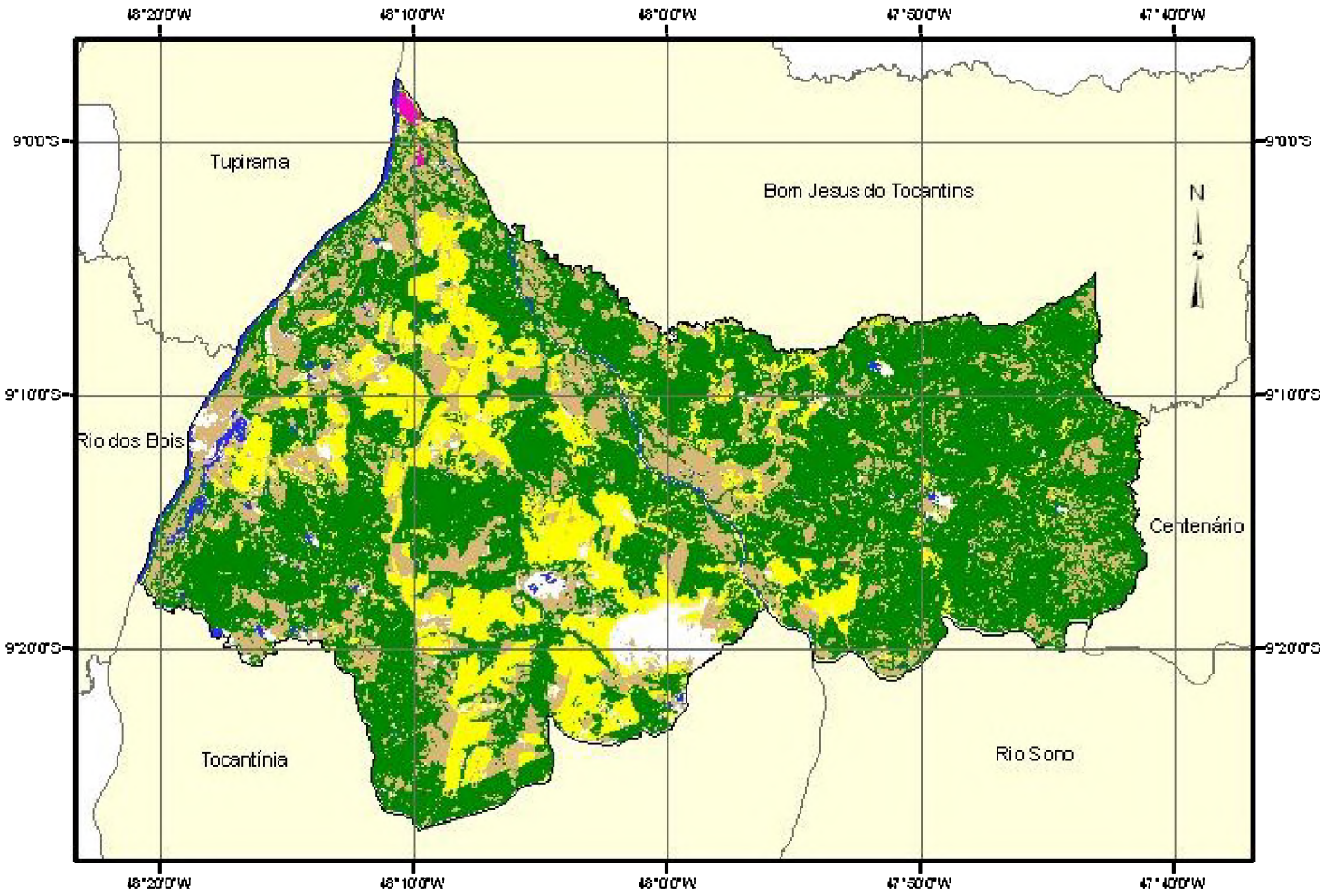


Figura 4.1 - Carta imagem do município de Pedro Afonso

Digitized by Google



Município de Pedro Afonso
MAPA DE USO
E COBERTURA DO SOLO

Legenda

CLASSES

- Área Urbana
- Solo Exposto
- Água
- Agricultura
- Vegetação e pastagem
- Nuvens

PROJEÇÃO DE PLATE CARRÉE

Escala 1:500.000

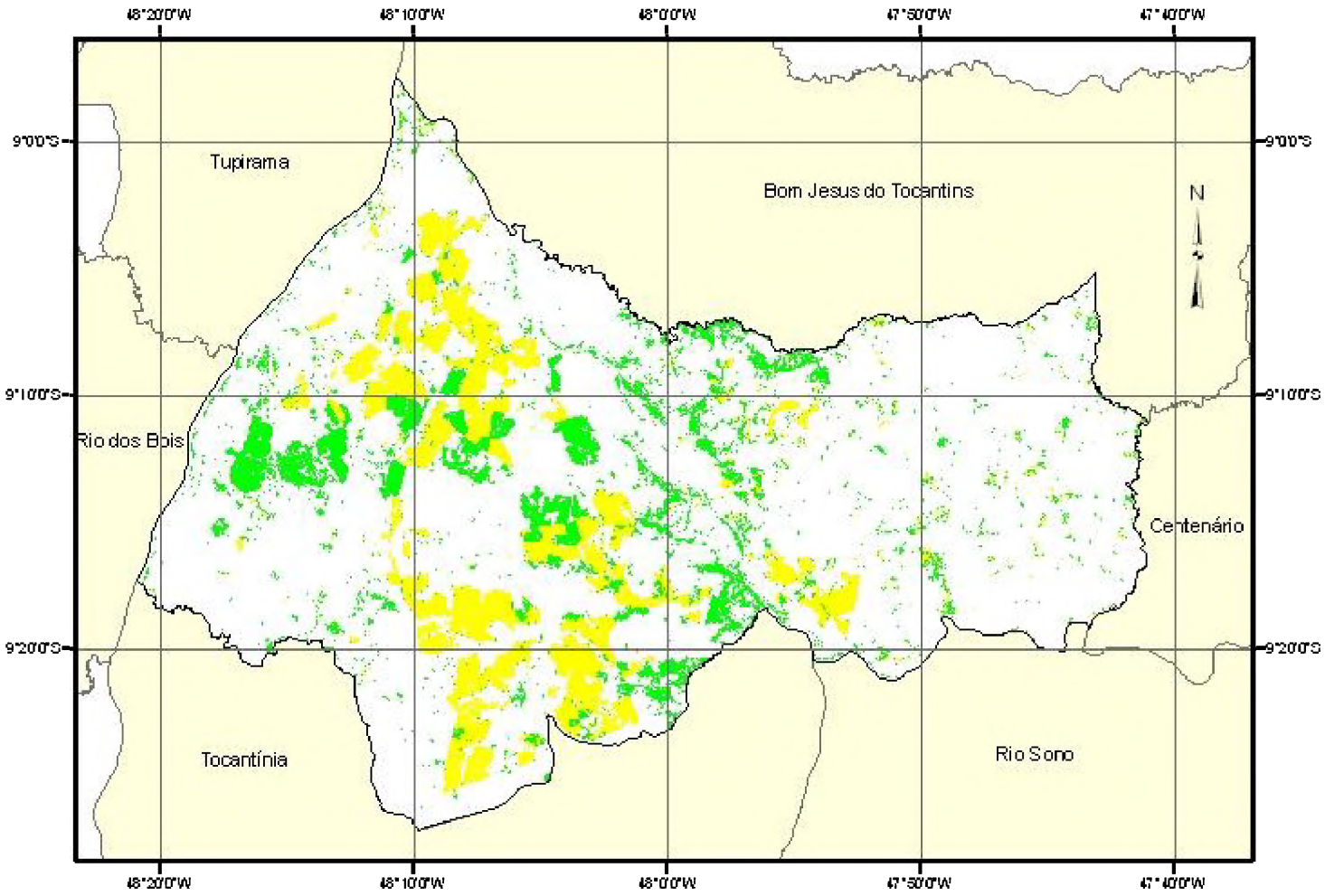
0 5 10 20 Km

Datum: SIRGAS 2000
Fonte: Imagens LANDSAT-5/TM
Órbita: 222/66 E 222/67
Passagem: 17/01/2010
Classificação supervisionada pelo MAXVER

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
Mestrado em Agroenergia
Orientação: Drª Yolanda V. de Abreu
Autora: Heloísa Rodrigues Nascimento

Figura 4.2 - Mapa de uso e cobertura do solo do município de Pedro Afonso - 2010

Digitized by Google



Município de Pedro Afonso

MAPA DE CULTURAS

Legenda

CLASSES

- Soja
- Cana-de-Açúcar
- Outras

PROJEÇÃO DE PLATE CARRÉE

Escala 1:500.000

0 5 10 20 Km

Datum: SIRGAS 2000
Fonte: Imagens LANDSAT-5/TM
Órbita: 222/66 E 222/67
Passagem: 17/01/2010

Classificação Supervisionada pelo MAXVER

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
Mestrado em Agroenergia
Orientação: Drª Yolanda V. de Abreu
Autora: Heloísa Rodrigues Nascimento

Figura 4.3 - Mapa de culturas: soja e cana-de-açúcar

Digitized by Google

Além desses mapas foi possível obter os valores de área ocupada pelas classes criadas na etapa de classificação e representada na figura 4.2. Já o mapa de culturas representado na figura 4.3, como a classificação apresentou um alto nível de confusão entre a classe "outras" e a cana-de-açúcar, assim os valores das classes quantificadas na estimativa da área ocupada foram superestimados, portanto optou-se por utilizar a ferramenta "operações métricas" do SPRING para obter a estimativa da área ocupada pelas referidas culturas. A tabela 4.2 apresenta os valores das classes representadas pelo mapa da figura 4.2

Tabela 4.2 – Área ocupada pelas classes do mapa de uso e cobertura do solo

Uso e Cobertura do Solo	Área Total (ha)	Porcentagem (%)
Vegetação e pastagem	119.989,13	58,50
Área urbana	233,69	0,11
Rios e lagos	3.329,01	1,62
Agricultura	32.301,63	15,76
Solo exposto	44.098,66	21,50
Área não-classificada	5.147,88	2,51
Total	205.100,00	100

Fonte: Dados da pesquisa

Observando-se os dados expostos na tabela 4.2 é possível determinar a quantidade de área ocupada pelas classes do Mapa de uso e cobertura do solo, por porcentagem: 1) vegetação e pastagem ocupam 58,50%; 2) solo exposto com 21,50%; 3) agricultura com 15,76%. Uma consideração a ser feita em relação à existência da classe "solo exposto", é que a mesma está aumentando devido ao desmatamento ou terra preparada para plantio. Nesta área está ocorrendo o avanço da cana-de-açúcar sobre a área da soja, e por meio de pesquisas realizadas em campo, verificou-se que alguns produtores estão arrendando suas terras para a Usina Bunge produtora de Açúcar, Etanol e Bioenergia.

Uma das possibilidades para a produção da cana-de-açúcar na região de estudo é que a mesma poderá ser produzida o ano todo, enquanto que a soja produz-se apenas

Digitized by Google

durante os meses de outubro a março. Porém, é necessário considerar que a cultura da cana-de-açúcar apresenta uma particularidade na região, pois durante o período da seca (aproximadamente 5 a 6 meses ao ano) a mesma precisa ser irrigada, no entanto nota-se que esta região é cortada por vários rios amenizando o problema de custos e de insumo destinado a irrigação.

A cana-de-açúcar é uma das principais fontes de energia renovável no país, uma vez que é a matéria-prima destinada à produção de etanol e bioenergia. Entretanto a sua expansão indiscriminada, no presente e no futuro, pode provocar efeitos diretos e indiretos ao meio ambiente e aos ecossistemas da região. Uma das pré-condições para a sua produção é ter acesso fácil a água para sua irrigação, que na maioria das vezes são utilizadas as águas provenientes das chuvas, porém em uma região como Pedro Afonso (TO), provavelmente esta deve vir dos rios que cortam a região. Januzzi (2010) observa que o uso da irrigação está crescendo com o aumento da demanda pelo produto e a incorporação de novas áreas para plantio nas regiões Centro-Sul e Norte do país.

A disponibilidade dos recursos hídricos torna-se um fator preocupante na avaliação da sustentabilidade deste setor e da produção de etanol Com a chegada desta cultura no município, e sendo este um pólo de produção de soja, tanto a região quanto o município tornam-se um local favorável para a instalação de uma usina de biodiesel. Existe a possibilidade, segundo observação desta pesquisadora, que a Usina Bunge, em fase inicial para a produção de etanol, pode no futuro expandir seus investimentos e decidir também produzir biodiesel. Esta observação está baseada no fato desta empresa já sendo a maior produtora de cana-de-açúcar na região, que pode ser transformado em etanol, e ser a maior empresa demandante da produção de Pedro Afonso e região, terá os dois insumos mais importantes para a produção do biodiesel a sua disposição o etanol e a oleaginosa. Portanto, somente a decisão ou não de investir da empresa que decidirá se produzirá ou não o biodiesel.

A construção e desenvolvimento do mapa de uso e cobertura do solo são importantes ferramentas de gerenciamento e planejamento para o Município, Estado ou Governo Federal para a região. Tal afirmação vem do fato que por meio deste pode ser

Digitized by Google

identificado às paisagens geográficas, a ampliação das áreas agrícolas, visualização dos problemas e buscar soluções. Permite, ainda, avaliação das modificações provocadas pelo homem, tornando-se um pré-requisito básico para o planejamento físico-rural da região. As informações do estudo e uso do solo podem revelar o grau de conservação, preservação ou artificialização de uma dada parte da superfície (VIERA; ROVANI, 2009).

Neste contexto, é importante citar o trabalho desenvolvido por Rudorff *et al.* (2010) no Estado de São Paulo através de estudos para mapeamento e avaliação da rápida expansão da cana de açúcar e mudança no uso da terra para produzir bioetanol no Estado. As informações foram obtidas a partir de dados provenientes do sensoriamento remoto, através de imagens do sensor Landsat 5/TM, que resultou em mapas obtidos por classificação automática, proporcionando informações pertinentes ao desenvolvimento desta cultura durante a safra 2008/2009, sendo possível analisar as mudanças ocorridas no uso da terra devido ao crescimento da mesma na região, após o surgimento dos veículos *flex-fuel* em 2003.

E ainda colaborar no planejamento agroambiental fornecendo dados quantitativos sobre esta expansão em áreas que antes eram utilizadas com culturas voltadas a produção de alimentos, pastagens, assim como em áreas de vegetação natural. Sendo este um exemplo de aplicação das geotecnologias em estudos voltados para o monitoramento e planejamento da expansão da produção de agricultura de energia destinada à produção de biocombustíveis para que os mesmos ocorram de forma sustentada (RUDORFF *et al.*, 2010).

4.4 TRABALHO DE CAMPO

Nesta etapa foi possível melhorar a qualidade da classificação da imagem, pois as coordenadas dos pontos adquiridos em campo com o receptor GPS facilitaram a identificação e diferenciação das classes, principalmente entre as culturas de soja e cana-de-açúcar. Notou-se que a identificação só foi possível porque as mesmas ocupam extensas áreas (latifúndios). A tabela 4.3 apresenta os pontos coletados para auxiliar na validação da classificação.

Digitized by Google

Tabela 4.3: Pontos coletados com GPS para validar a classificação

Identificação dos Pontos	Latitude (φ)	Longitude (λ)
Ponto 01- Soja	09º 03'38,5"	48º 09'01,0"
Ponto 02 – Faz. Arco Verde: Soja	09º 04'11,9"	48º 08'41,6"
Ponto 03 – Vegetação	09º 04'37,6"	48º 07'52,8"
Ponto 04 – Faz. Brejinho: Soja	09º 06'01,4"	48º 08'10,1"
Ponto 05 – Soja	09º 07'48,0"	48º 07'29,4"
Ponto 06 – Cana-de-açúcar	09º 07'48"	48º 07'28,4"
Ponto 07 – Cana-de-açúcar	09º 07'50,1"	48º 07'27,8"
Ponto 08 – Vegetação	09º 07'49,5"	48º 07'29,7"
Ponto 09 – Cana-de-açúcar	09º 09'40,8"	48º 08'17"
Ponto 10 – Cana-de-açúcar	09º 10'50,6"	48º 09'02,9"
Ponto 11 – Soja na entrada da Bunge	09º 10'52,4"	48º 08'58,5"
Ponto 12 – Cana-de-açúcar na área da Bunge	09º 12'10,6"	48º 07'20,5"
Ponto 13 – Faz. Estrela Dalva: soja	09º 12'12,6"	48º 07'11,2"
Ponto 14: cana-de-açúcar	09º 13'50,9"	48º 05'22,4"
Ponto 15: cana-de-açúcar	09º 13'55,3"	48º04'11,0"
Ponto 16 – Faz.Boa Sorte: soja	09º 15'34,9"	48º 10' 54,4"

Fonte: Dados coletados pela autora

4.5 ELABORAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS

A elaboração dos mapas temáticos apresenta de forma geral os principais temas presentes na área de estudo, e que possuem uma relação importante para o desenvolvimento da principal atividade econômica exercida nesta área: a agricultura. Os mapas têm como objetivo a localização das diferentes classes relacionadas a cada tema, possibilitando a visualização e a distribuição espacial dos mesmos. Nesta visão, os estudos de mapeamento temático visam a caracterizar e entender a organização do espaço, como base para o estabelecimento das bases para ações e estudos futuros (MEDEIROS; CÂMARA, 2001 *apud* ECKHARDT *et al.*, 2007).

Digitized by Google

De fato a autora reconhece que são necessários estudos futuros e mais detalhados para atualizar e validar estas informações, além disso, melhorar o nível de detalhe dos mesmos, para que estes possam servir de apoio para a instalação de atividades em geral, e contribuir para a conservação dos recursos naturais ali existentes.

4.5.1 Mapa de geologia e geomorfologia

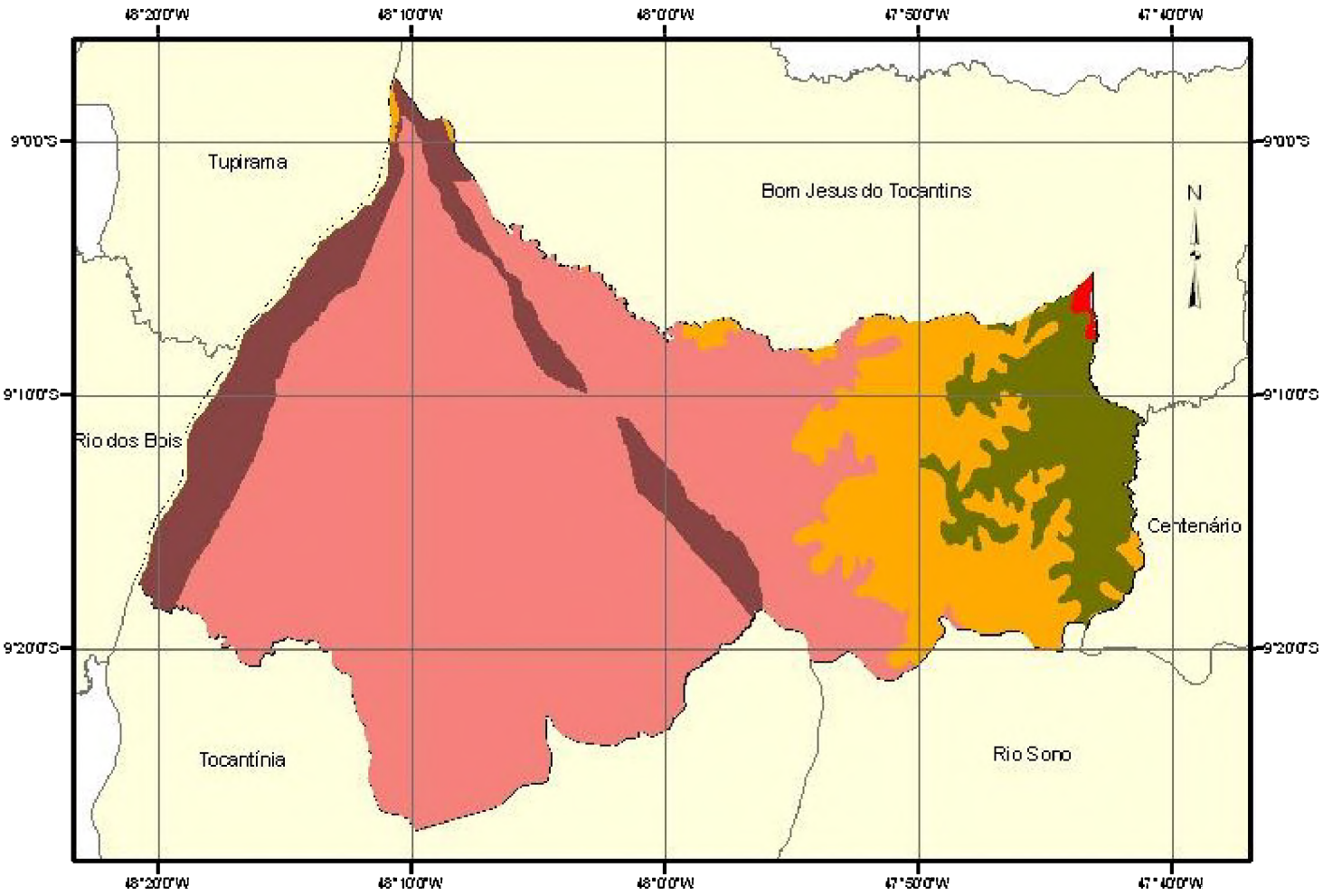
Os mapas geológicos são de suma importância, pois está interligado com a área da pedologia, a qual estuda os tipos de solos, visto que as rochas são o principal material de origem dos solos, o entendimento e a interpretação dos mapas geológicos têm grande utilidade para o estudo e conhecimento dos solos (MUGGLER *et al.*, 2005). A geologia da área de estudo se divide em: formação Poti, formação Langá, formação Cabeças, formação Pimenteiras e Holoceno Aluvionar.

No mapa apresentado na figura 4.4 pode-se observar a distribuição destas formações na área de estudo.

O mapa geomorfológico apresenta as principais formas de relevo presentes na área de estudo. A geomorfologia está ligada à análise do relevo e pode auxiliar em estudos que definem a vulnerabilidade do meio ambiente e no estabelecimento de legislação para sua ocupação e proteção (FLORENZANO, 2008). O Mapa Geomorfológico apresentado na figura 4.5 tem a presença das seguintes formas: áreas de acumulação inundáveis, terraços fluviais, terraços fluviais-formas erosivas, patamares estruturais e dissecado em mesas.

Porém, é importante ressaltar que o objetivo da pesquisa não inclui o mapeamento geológico e geomorfológico, mas pretende apresentar através dos mapas as formações presentes na área de estudo, enriquecendo o conteúdo da mesma. Os mapas geológico e geomorfológico da área de estudo, foram elaborados pela autora a partir de dados cedidos pela SEPLAN (2000).

Digitized by Google



Município de Pedro Afonso

GEOLOGIA

Legenda

CLASSES

- Cpo - Formação Poti
- DL - Formação Langá
- Dc - Formação Cabeças
- Dp - Formação Pimenteiras
- Ha - Holoceno Aluvionar

PROJEÇÃO DE PLATE CARRÉE

Escala 1:500.000

0 5 10 20 Km

Datum: SIRGAS 2000
Fonte: Arquivos digitais do ZEE - SEPLAN-TO -
Escala: 1/250.000

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
Mestrado em Agroenergia
Orientação: Drª Yolanda V. de Abreu
Autora: Heloísa Rodrigues Nascimento

Figura 4.4 - Mapa de geologia

Digitized by Google

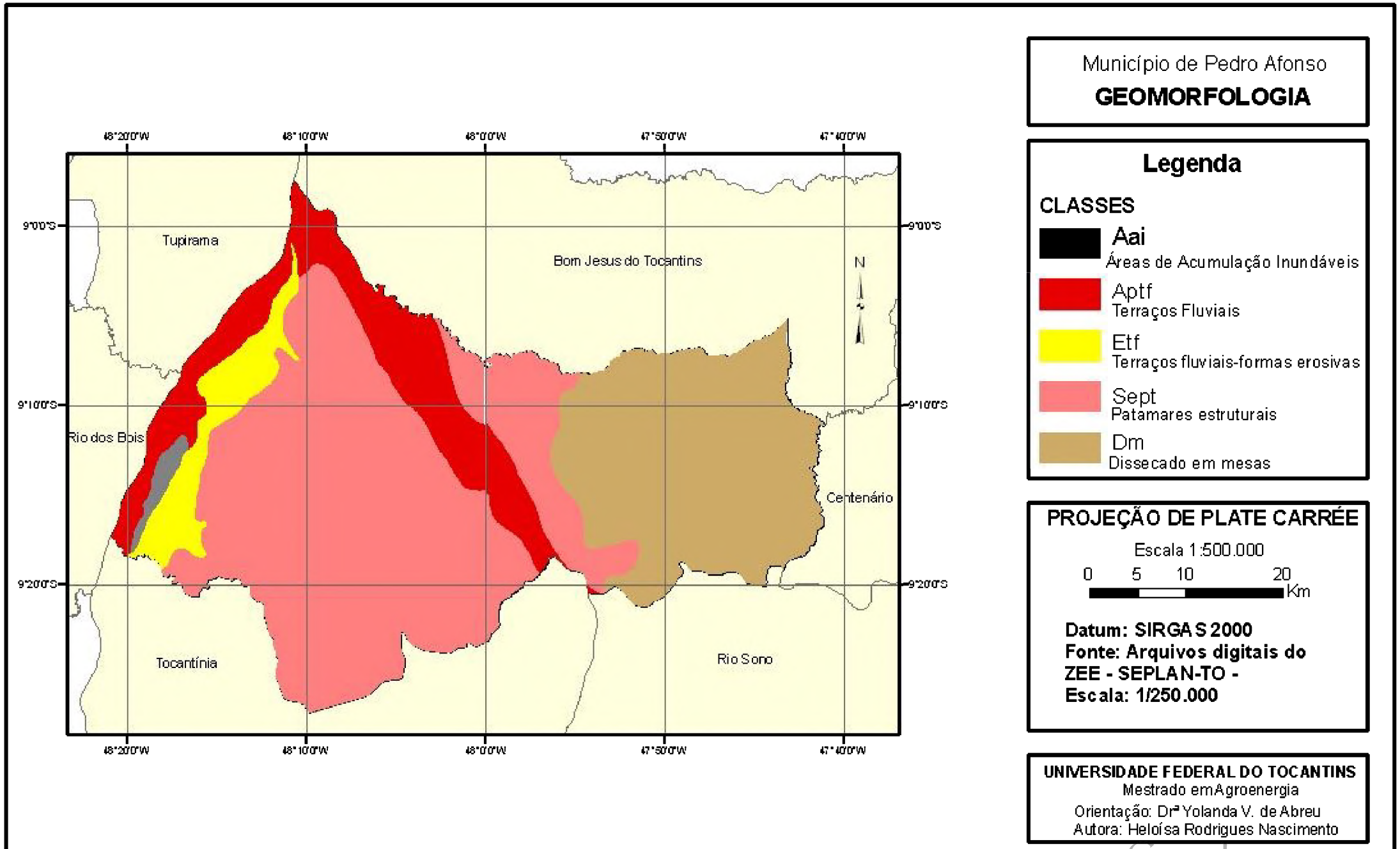


Figura 4.5 - Mapa de geomorfologia

Digitized by Google

4.5.2 Mapa de pluviosidade

O mapa de pluviosidade apresenta a distribuição espacial dos índices pluviométricos no município de Pedro Afonso, sendo este um fator relevante considerando o desenvolvimento de culturas.

As classes representadas no mapa de pluviosidade são: 1500mm, 1600mm, 1700mm e 1800mm.

Segundo Mourad (2008), as precipitações pluviométricas anuais de 700mm a 1200mm, bem distribuídas preenchem perfeitamente as necessidades hídricas da soja. Segundo alguns autores a cana-de-açúcar é uma planta perene que necessita para um bom desenvolvimento de uma precipitação pluviométrica acima de 1000 mm (ideal entre 1200 mm a 1500 mm anuais), bem distribuídos, e que o período chuvoso coincida com os meses iniciais do desenvolvimento da planta (ZINK *et al.* 1978 *apud* MARCOCCIA, 2007; PASSOLONGO, 2011; BNDES, 2008; MARIN, 2006; MCT, 2004).

Por sua vez, a localização tanto da cultura da soja quanto da cana-de-açúcar na área de estudo, de acordo com o mapa está localizada entre as faixas de pluviosidade que variam de 1600 mm a 1800 mm, ou seja, de acordo com o autores citados acima está adequado a boa capacidade de produção das mesmas, contribuindo para o desenvolvimento das culturas.

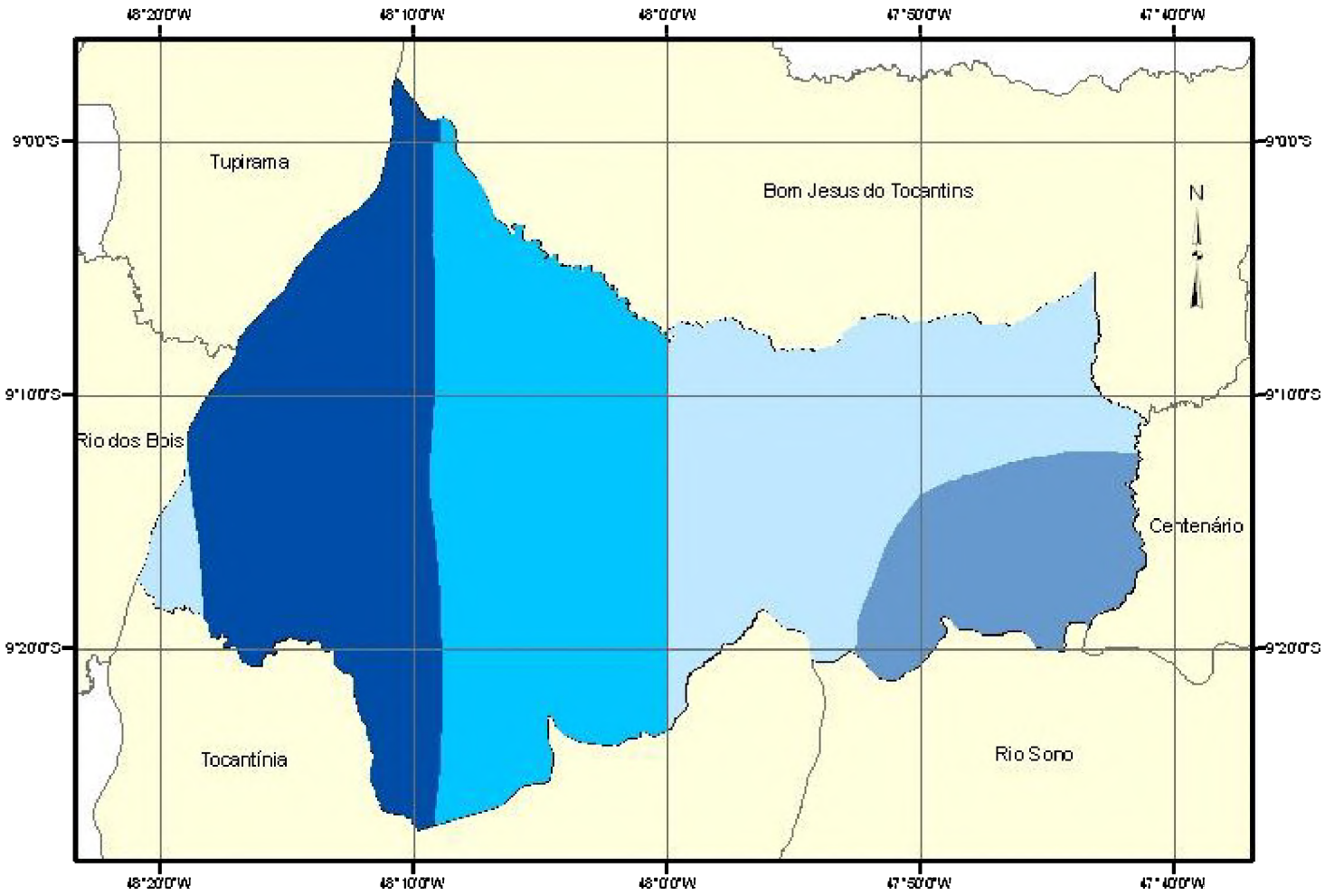
As áreas próximas de latitudes menores são aquelas onde o déficit hídrico é bastante pronunciado, devido à distribuição de chuvas mais concentradas ao longo do ciclo e também pelas temperaturas máximas elevadas, que concorrem para uma maior evapotranspiração, afetando o acúmulo de biomassa da cana de açúcar (CAMARGO, 2005). Na Região onde se situa o município de Pedro Afonso no Estado do Tocantins, a deficiência hídrica durante o inverno é mais acentuada, exigindo não só neste, mas na maioria das regiões em que os climas são semelhantes, de uma suplementação hídrica através da irrigação para viabilizar a produção (MARIN, 2006).

Digitized by Google

Em estudo realizado por Collicchio (2008) para a realização do Zoneamento Edafoclimático e Ambiental da Cana-de-Açúcar e a Implicações das Mudanças Climáticas no Estado do Tocantins, é importante citar a influência da necessidade hídrica, pois a mesma é um dos principais fatores no desenvolvimento da cultura. De acordo com mesmo, o município de Pedro Afonso-TO, está situado na zona identificada com classe de aptidão "restrita", ou seja, com elevada restrição hídrica, presente em 58,2% do Tocantins. Para áreas "restritas" é imprescindível o uso de irrigação plena de forma a obter ganhos de produtividade, para o plantio da cultura da cana-de-açúcar. Diante disso, em visita in loco a Usina Bunge, instalada neste município foi possível identificar diversos sistemas de irrigação para o plantio da cana-de-açúcar em períodos de seca. Estes sistemas estão ligados ao Rio do Sono, Rio Tocantins e alguns afluentes, constituindo assim, uma rede de suma importância para o desenvolvimento da cultura e produção de etanol na região, a seguir a figura 4.6 apresenta um destes sistemas de irrigação na área da usina, e a figura 4.7 apresenta o mapa de pluviosidade elaborado pela autora a partir de dados cedidos pela SEPLAN (2000).

Figura 4.6 – Componentes do sistema de irrigação da Usina Bunge-Pedro Afonso-TO
Fonte:Fotos obtidas pela autora.

Digitized by Google



Município de Pedro Afonso
PLUVIOSIDADE

Legenda

CLASSES

- 1500 mm
- 1600 mm
- 1700 mm
- 1800 mm

PROJEÇÃO DE PLATE CARRÉE

Escala 1:500.000

0 5 10 20 Km

Datum: SIRGAS 2000
Fonte: Arquivos digitais do ZEE - SEPLAN-TO -
Escala: 1/250.000

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
Mestrado em Agroenergia
Orientação: Drª Yolanda V. de Abreu
Autora: Heloísa Rodrigues Nascimento

Figura 4.7 - Mapa de pluviosidade

Digitized by Google

4.5.3 Mapa de pedologia

O Mapa de Pedologia apresenta a distribuição dos solos presentes na área de estudo e estes representam a base para a realização das atividades agrícolas e influenciam na adaptação e desenvolvimento das mesmas. Sendo importante ressaltar que além deste fator têm-se as condições climáticas que exercem grande influência sobre as culturas e seu desenvolvimento.

As classes representadas no mapa de pedologia são: neossolos quartzarênico (AQ6) ocupando 11,13%, latossolo vermelho-escuro distrófico (LE1) ocupando 18,02%, latossolo vermelho-escuro (LE2) ocupando 1,72%, latossolo vermelho-amarelo distrófico (LV1) ocupando 13,85%, latossolo vermelho-amarelo (LV2) ocupando 0,26%, o plintossolo pétrico concrecionário (SC5) ocupando 38,56%, o plintossolo pétrico concrecionário com B textural (SC9) ocupando 9,17%, o latossolo amarelo distrófico (LA1) ocupando 7,29%.

Em relação ao solo, a soja não exige muitos pré-requisitos podendo ser cultivada em todos os tipos de solo. A maioria das áreas destinadas ao cultivo desta cultura constitui-se de solos ácidos e deficientes em alguns nutrientes, por sua vez a correção da acidez ocorre através da calagem, ou seja, aplicação de calcário, e da adubação que adiciona enxofre, fósforo e potássio (EMBRAPA SOJA, 2006).

A cana-de-açúcar é cultivada em diversas regiões do País, utilizando áreas com diversos tipos de solos, tais como os latossolos, argissolos, nitossolos, cambissolos, neossolos, vertissolos, plintossolos, chernossolos e outros, desde que possua umidade e elementos assimiláveis em quantidades suficientes, e os mesmos devem ser férteis, drenados e com bom teor de matéria orgânica (MARIN, 2006; PRADO, 2008 *apud* LANDELL *et al.*, 2010).

Neste município, através da sobreposição do mapa de culturas e o mapa pedológico, foi possível identificar em quais tipos de solos estão cultivadas a soja e a cana-de-açúcar, para tanto é necessário analisar as figuras 4.9 a 4.14, por meio destas é possível afirmar que a cana-de-açúcar está presente nos seguintes solos: neossolos

Digitized by Google

quartzarênico (AQ6), plintossolo pétrico concrecionário (SC5), latossolo vermelho-escuro distrófico (LE1) e latossolo vermelho-amarelo distrófico (LV1), plintossolo pétrico concrecionário com B textural (SC9).

Já a soja está presente nos seguintes tipos de solos: latossolo vermelho-escuro distrófico (LE1), plintossolo pétrico concrecionário (SC5), latossolo vermelho-amarelo distrófico (LV1) e latossolo vermelho-escuro (LE2).

Através desta sobreposição, identifica-se o tipo de solo que determinada cultura ocupa, servindo de instrumento em estudos sobre a sua adaptação e desenvolvimento. Além dos dados citados acima foi possível obter a estimativa de área plantada em porcentagem da cana-de-açúcar sobre os tipos de solo em que está cultivada sendo: 19,75% em solo tipo AQ6 (neossolo quartzarênico); 6,25% em solo tipo SC9 (plintossolo pétrico concrecionário com B textural); 24,19% em solo tipo LE1 (latossolo vermelho-escuro distrófico); 10,60% em solo tipo LV1 (latossolo vermelho-amarelo distrófico) e 60,75% em solo tipo SC5 (plintossolo pétrico concrecionário).

Para a cultura da soja a estimativa de área plantada em porcentagem da sobre os tipos de solos em que está sendo cultivada foi de: 18,03% em solo tipo LE1 (latossolo vermelho-escuro distrófico); 2,06% em solo tipo LE2 (latossolo vermelho-escuro); 28,46% em solo tipo LV1 (latossolo vermelho-amarelo distrófico) e 51,45% em solo tipo SC5 (plintossolo pétrico concrecionário).

Indica-se o trabalho de Collicchio (2008), para complementação destes dados do mapa pedológico, pois o mesmo apresenta os tipos de solos, suas características e os fatores limitantes para o cultivo da cana-de-açúcar, classificando-os como aptos ou não considerando suas características naturais para o desenvolvimento da cultura. A figura 4.8 apresenta o mapa pedológico da área de estudo elaborado pela autora a partir de dados cedidos pela SEPLAN (2000).

Digitized by Google

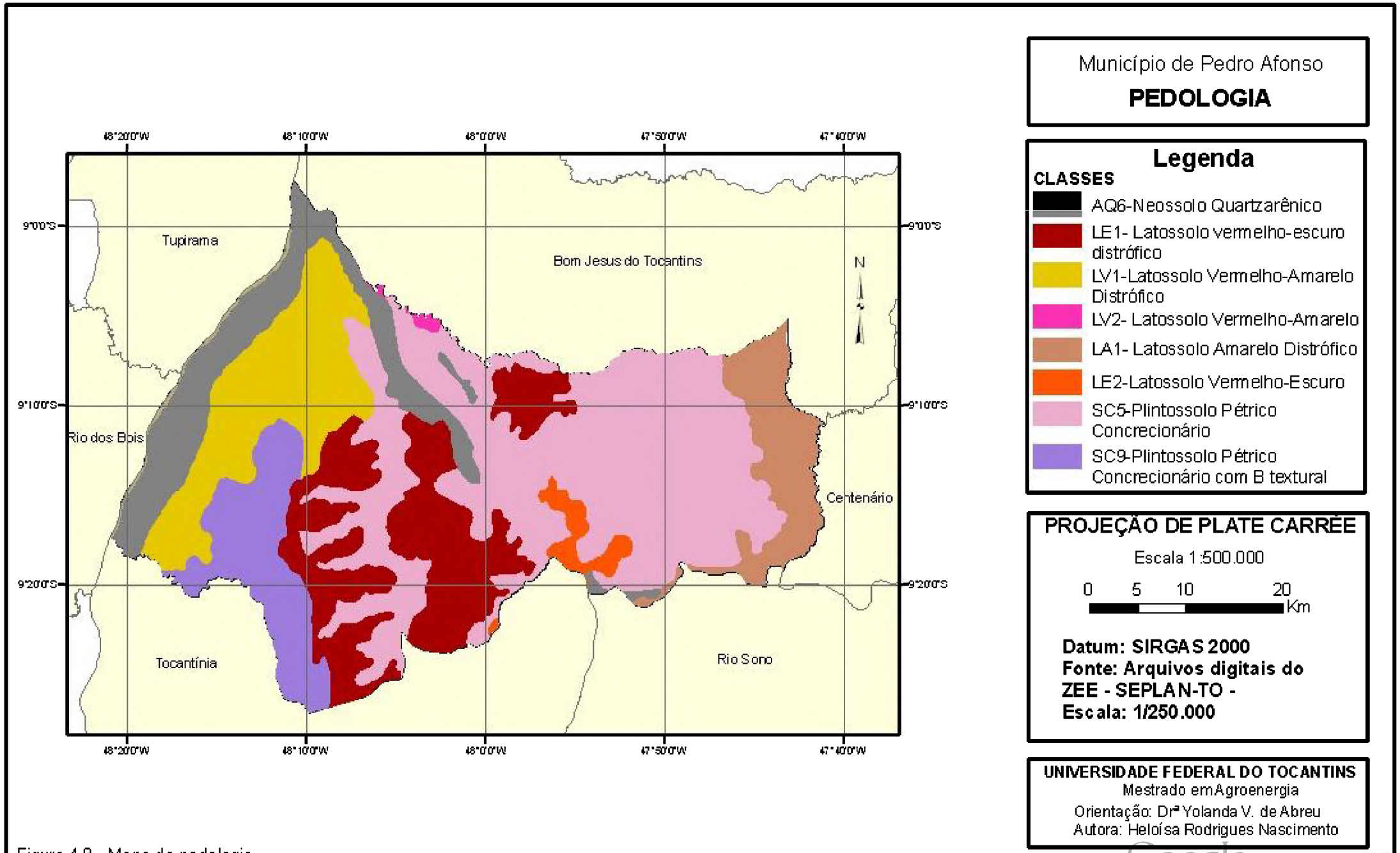
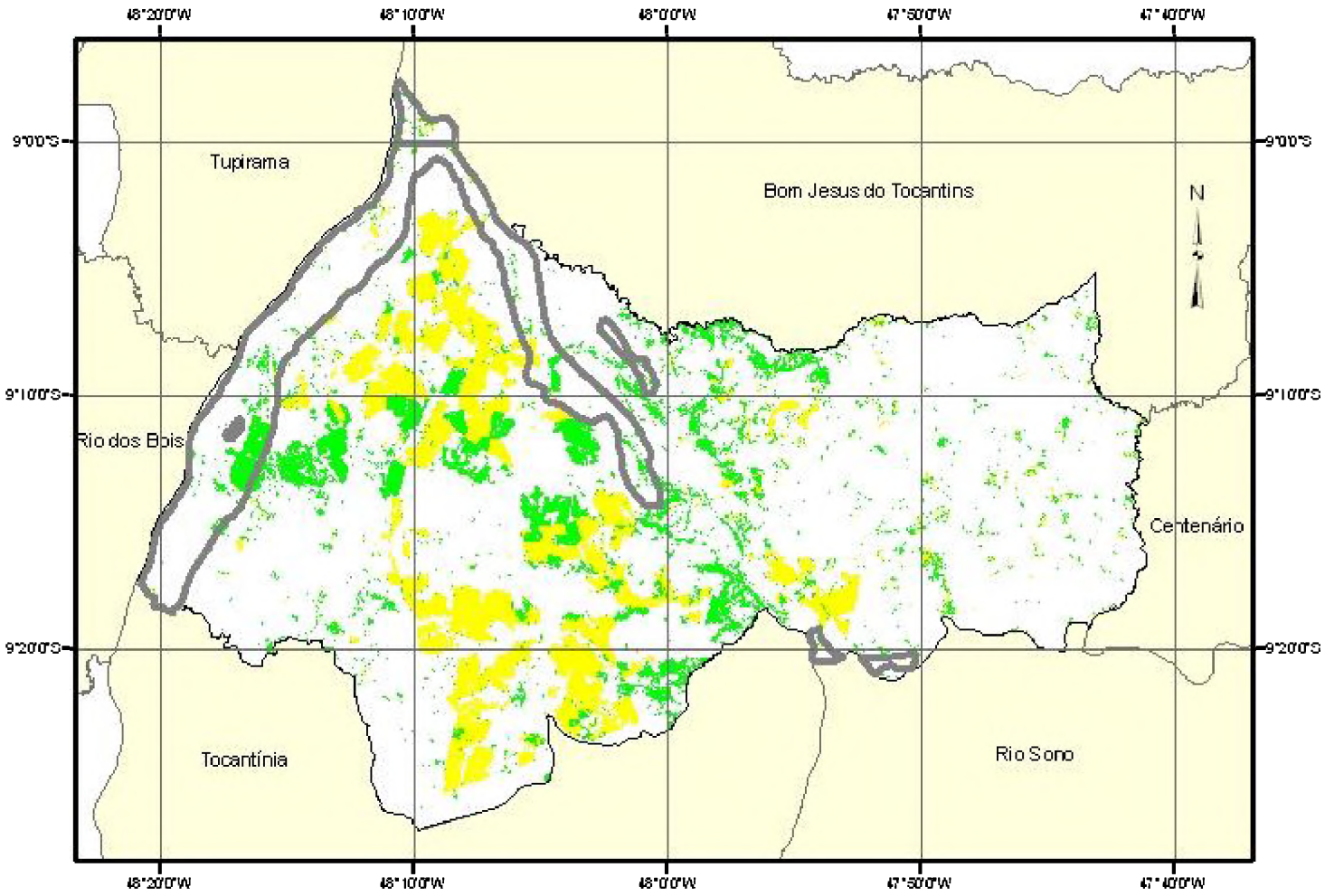


Figura 4.8 - Mapa de pedologia

Digitized by Google



Município de Pedro Afonso

Solo tipo AQ6 e Culturas

Legenda

CLASSES

- AQ6-Neossolo Quartzarênico
- Soja
- Cana-de-açúcar
- Outras

PROJEÇÃO DE PLATE CARRÉE

Escala 1:500.000

0 5 10 20 Km

Datum: SIRGAS 2000
Fonte: Arquivos digitais do ZEE - SEPLAN-TO -
Escala: 1/250.000

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
Mestrado em Agroenergia
Orientação: Drª Yolanda V. de Abreu
Autora: Heloísa Rodrigues Nascimento

Figura 4.9 - Sobreposição do solo tipo AQ6 com o mapa de culturas

Digitized by Google

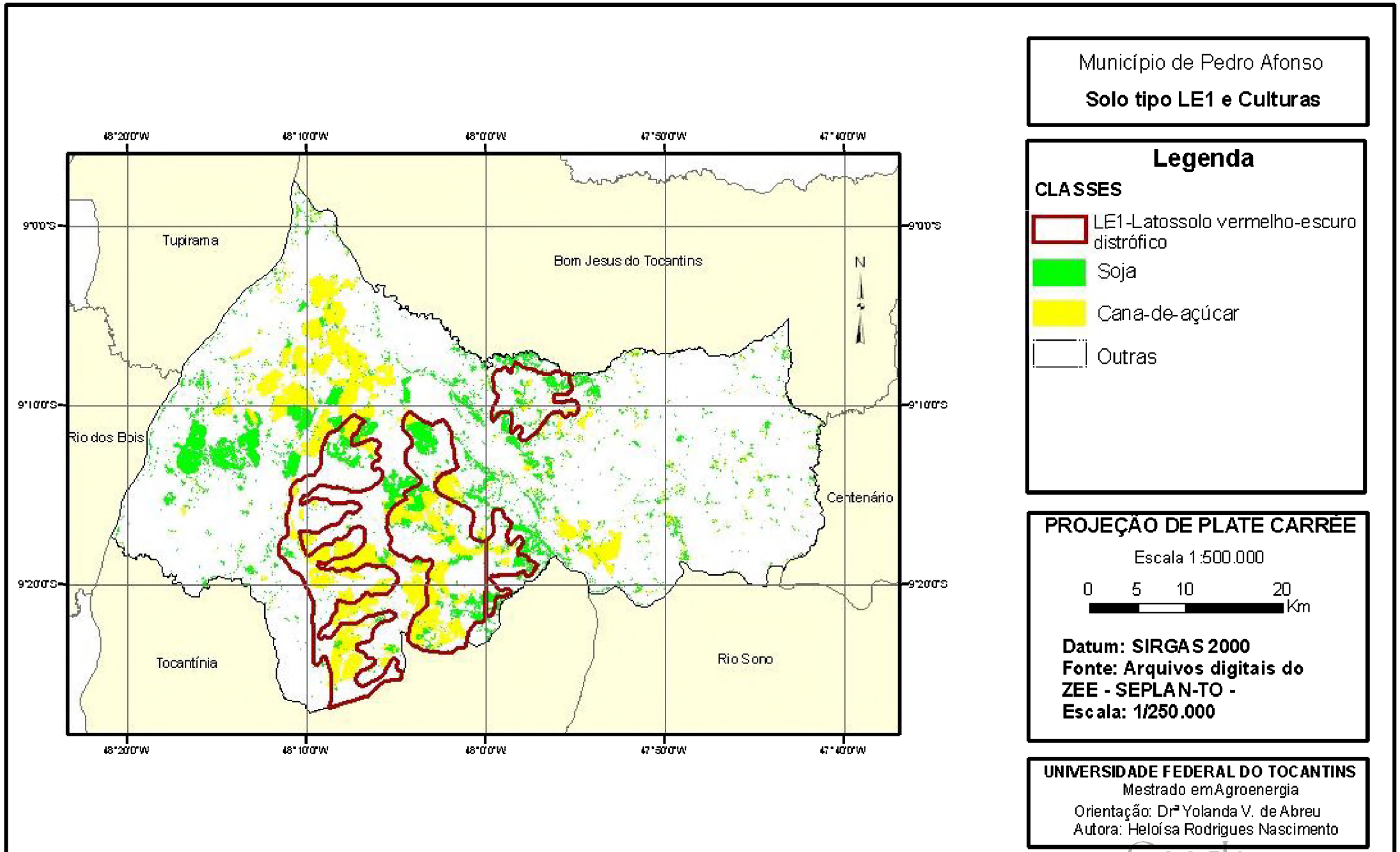
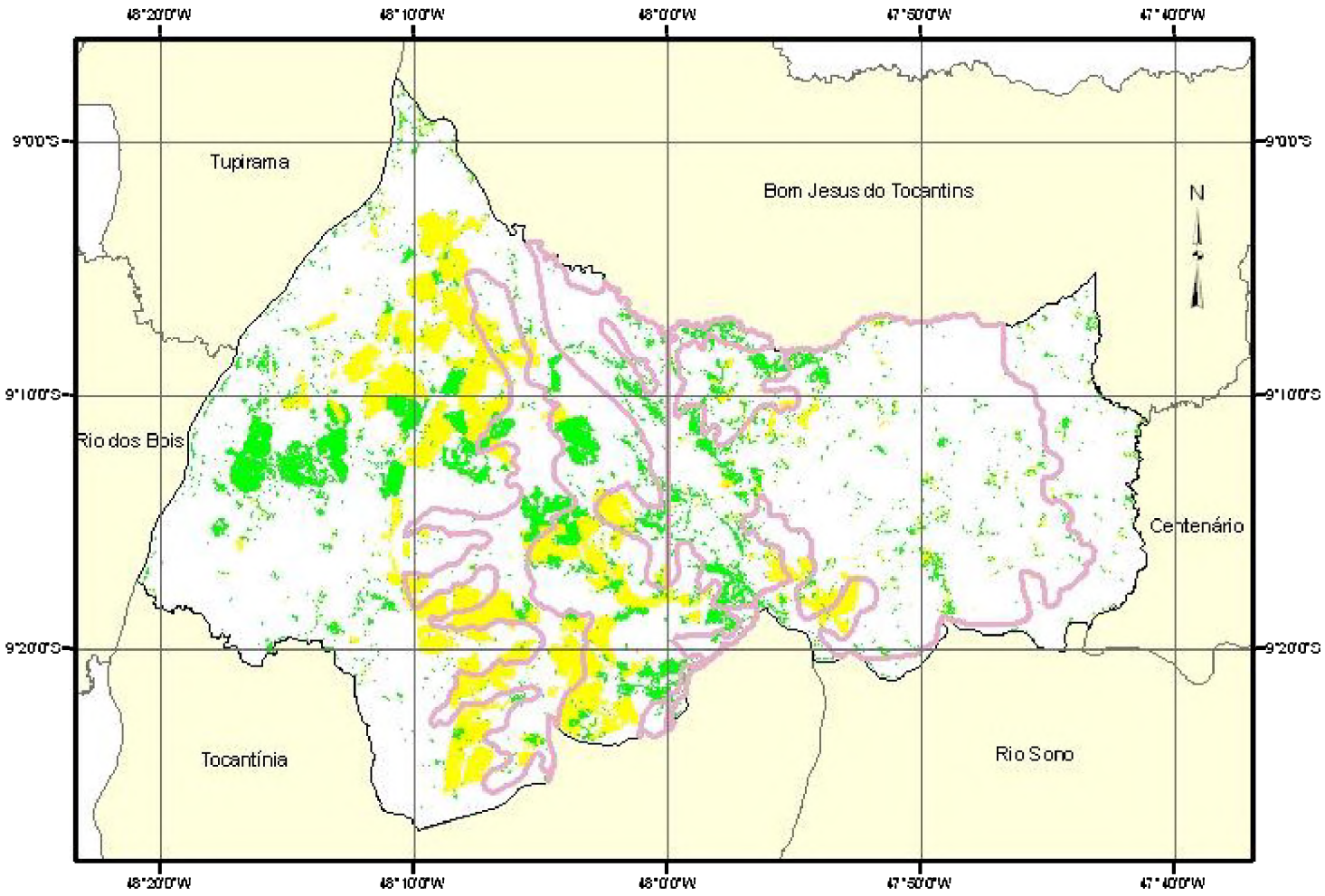


Figura 4.10 - Sobreposição do solo tipo LE1 com o mapa de culturas.

Digitized by Google



Município de Pedro Afonso

Solo tipo SC5 e Culturas

Legenda

CLASSES

- SC5 - Plintossolo Pétrico Concrecionário
- Soja
- Cana-de-açúcar
- Outras

PROJEÇÃO DE PLATE CARRÉE

Escala 1:500.000

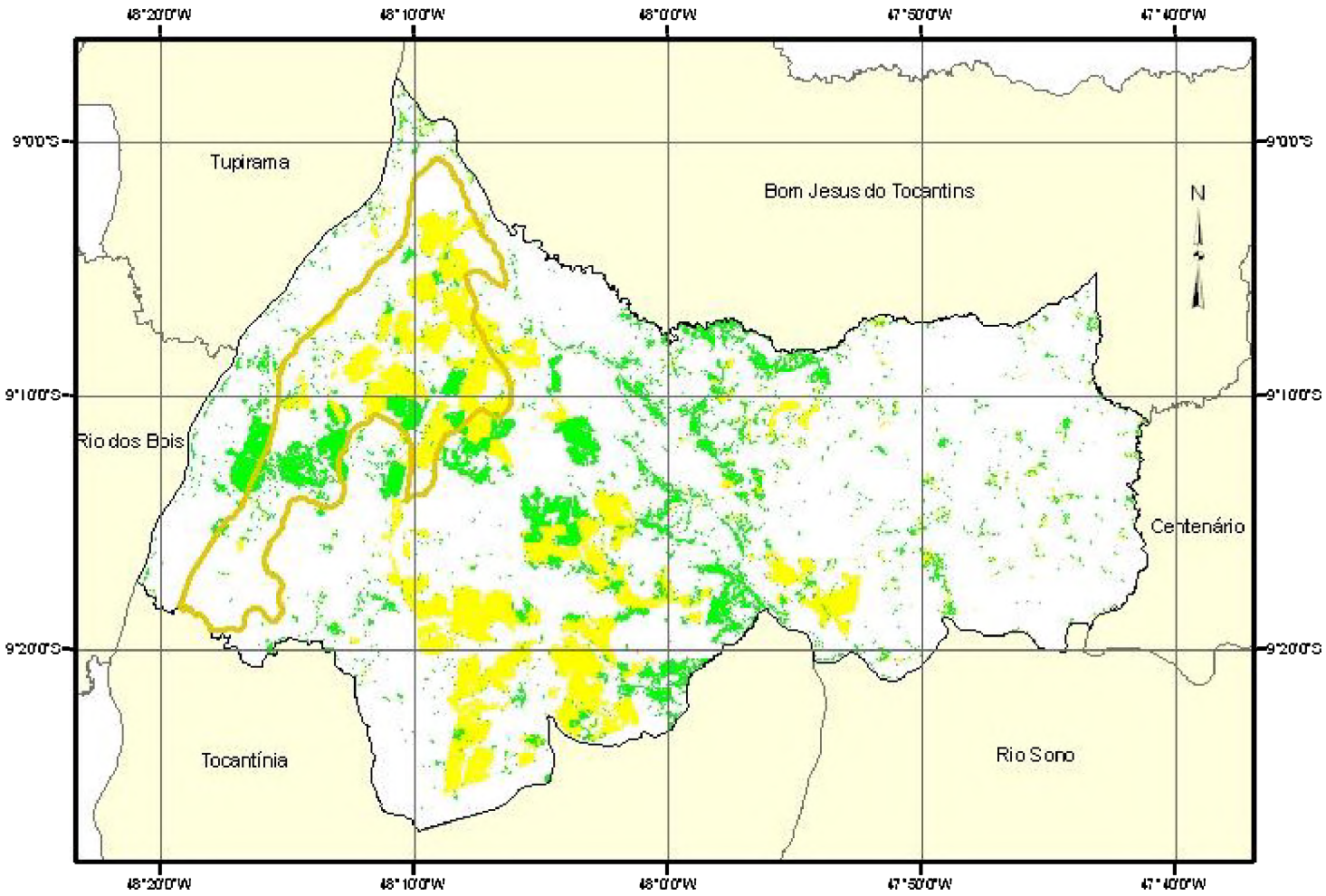
0 5 10 20 Km

Datum: SIRGAS 2000
Fonte: Arquivos digitais do ZEE - SEPLAN-TO -
Escala: 1/250.000

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
Mestrado em Agroenergia
Orientação: Drª Yolanda V. de Abreu
Autora: Heloísa Rodrigues Nascimento

Figura 4.11 - Sobreposição do solo tipo SC5 com o mapa de culturas

Digitized by Google



Município de Pedro Afonso

Solo tipo LV1 e Culturas

Legenda

CLASSES

- LV1-Latossolo vermelho-amarelo distrófico
- Soja
- Cana-de-açúcar
- Outras

PROJEÇÃO DE PLATE CARRÉE

Escala 1:500.000

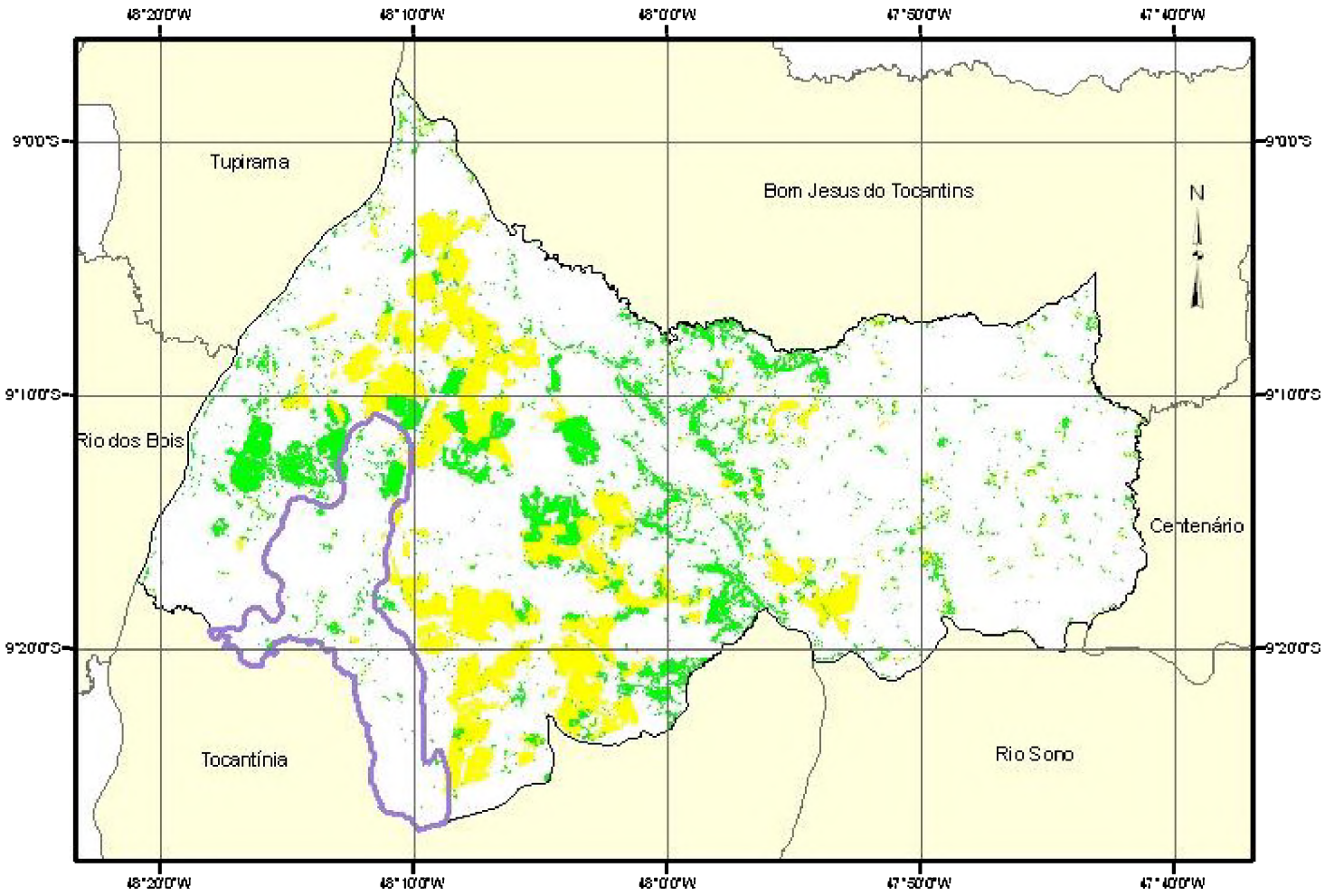
0 5 10 20 Km

Datum: SIRGAS 2000
Fonte: Arquivos digitais do ZEE - SEPLAN-TO -
Escala: 1/250.000

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
Mestrado em Agroenergia
Orientação: Drª Yolanda V. de Abreu
Autora: Heloísa Rodrigues Nascimento

Figura 4.12 - Sobreposição do solo tipo LV1 com o mapa de culturas.

Digitized by Google



Município de Pedro Afonso

Solo tipo SC9 e Culturas

Legenda

CLASSES

- SC9 - Plintossolo pétrico concrecionário com B textural
- Soja
- Cana-de-açúcar
- Outras

PROJEÇÃO DE PLATE CARRÉE

Escala 1:500.000

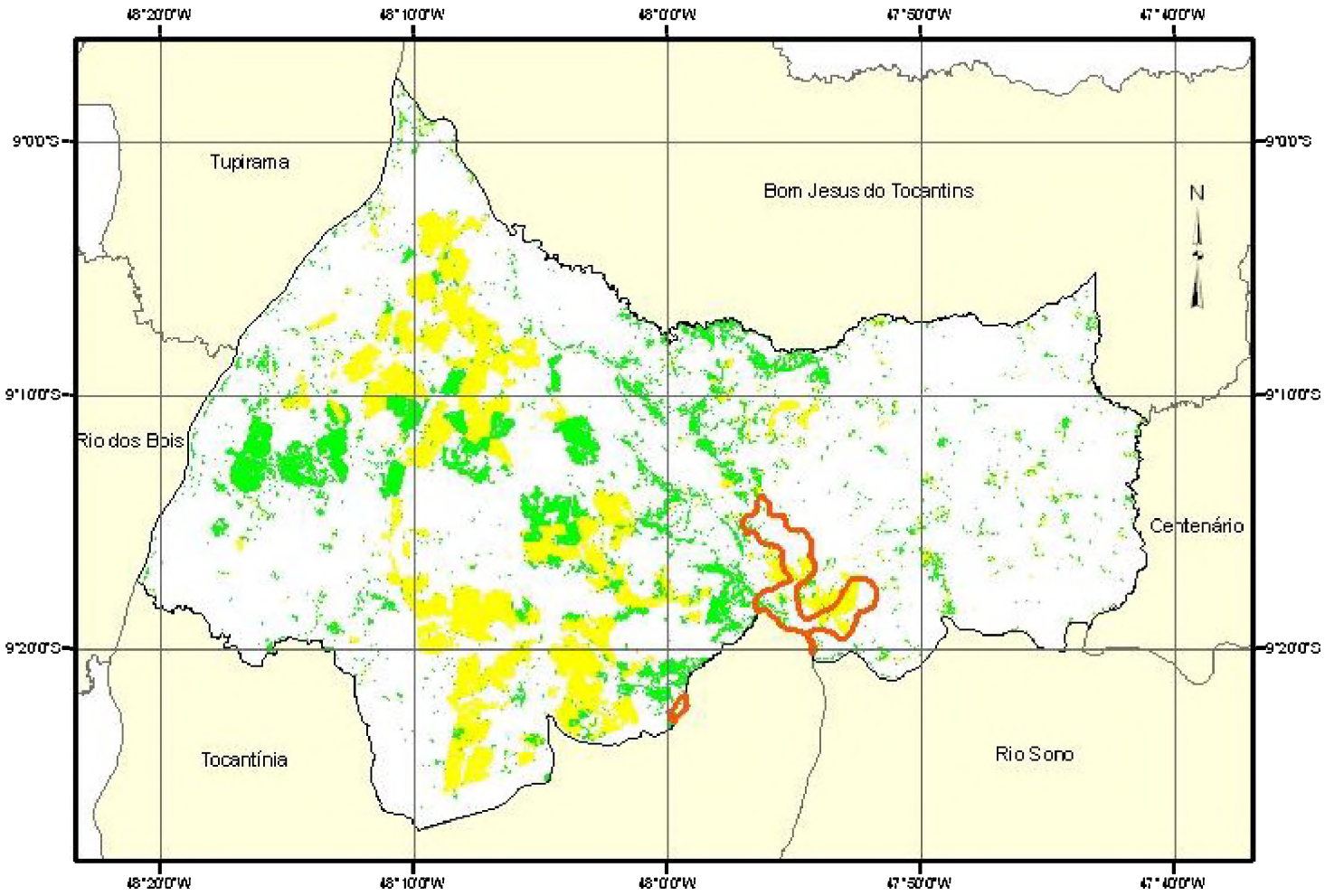
0 5 10 20 Km

Datum: SIRGAS 2000
Fonte: Arquivos digitais do ZEE - SEPLAN-TO -
Escala: 1/250.000

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
Mestrado em Agroenergia
Orientação: Drª Yolanda V. de Abreu
Autora: Heloísa Rodrigues Nascimento

Figura 4.13 - Sobreposição do solo tipo SC9 com o mapa de culturas.

Digitized by Google



Município de Pedro Afonso

Solo tipo LE2 e Culturas

Legenda

CLASSES

- LE2 - Latossolo vermelho-escuro
- Soja
- Cana-de-açúcar
- Outras

PROJEÇÃO DE PLATE CARRÉE

Escala 1:500.000

0 5 10 20 Km

Datum: SIRGAS 2000
Fonte: Arquivos digitais do ZEE - SEPLAN-TO -
Escala: 1/250.000

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
Mestrado em Agroenergia
Orientação: Drª Yolanda V. de Abreu
Autora: Heloísa Rodrigues Nascimento

Figura 4.14 - Sobreposição do solo tipo LE2 com o mapa de culturas.

Digitized by Google

4.5.4 Mapa de declividade

A declividade é um fator preponderante na questão de mecanização de áreas agrícolas, portanto há influência da mesma na determinação do uso de máquinas agrícolas para o desenvolvimento das culturas. Neste caso, a declividade máxima deve estar em torno de 12%, pois acima deste limite torna-se inviável o processo da mecanização (AGROBYTE, 2009).

No município de Pedro Afonso, de acordo com os dados apresentados no mapa de declividade e sua legenda observa-se a presença das classes AB com declive igual ou inferior a 5% na sua maior parte, seguida da classe D com declive maior que 15% e igual ou inferior a 30%, e a classe BC com declive maior que 5% e igual ou inferior a 10%.

Sobrepondo-se o mapa de culturas com o mapa de declividade percebe-se que a distribuição espacial das culturas da soja e cana-de-açúcar está presente sobre a classe AB, ou seja, o fator declividade varia em igual ou inferior a 5% e igual ou inferior a 10%, de acordo com a figura 4.16, possibilitando a mecanização das áreas agrícolas, visto que a declividade destas são inferiores a 12%.

Segundo a SEPLAN (2000), as classes AB é o mosaico com predomínio de A sobre B, BC mosaico com predomínio de B sobre C. A seguir uma breve descrição destas classes de declividade.

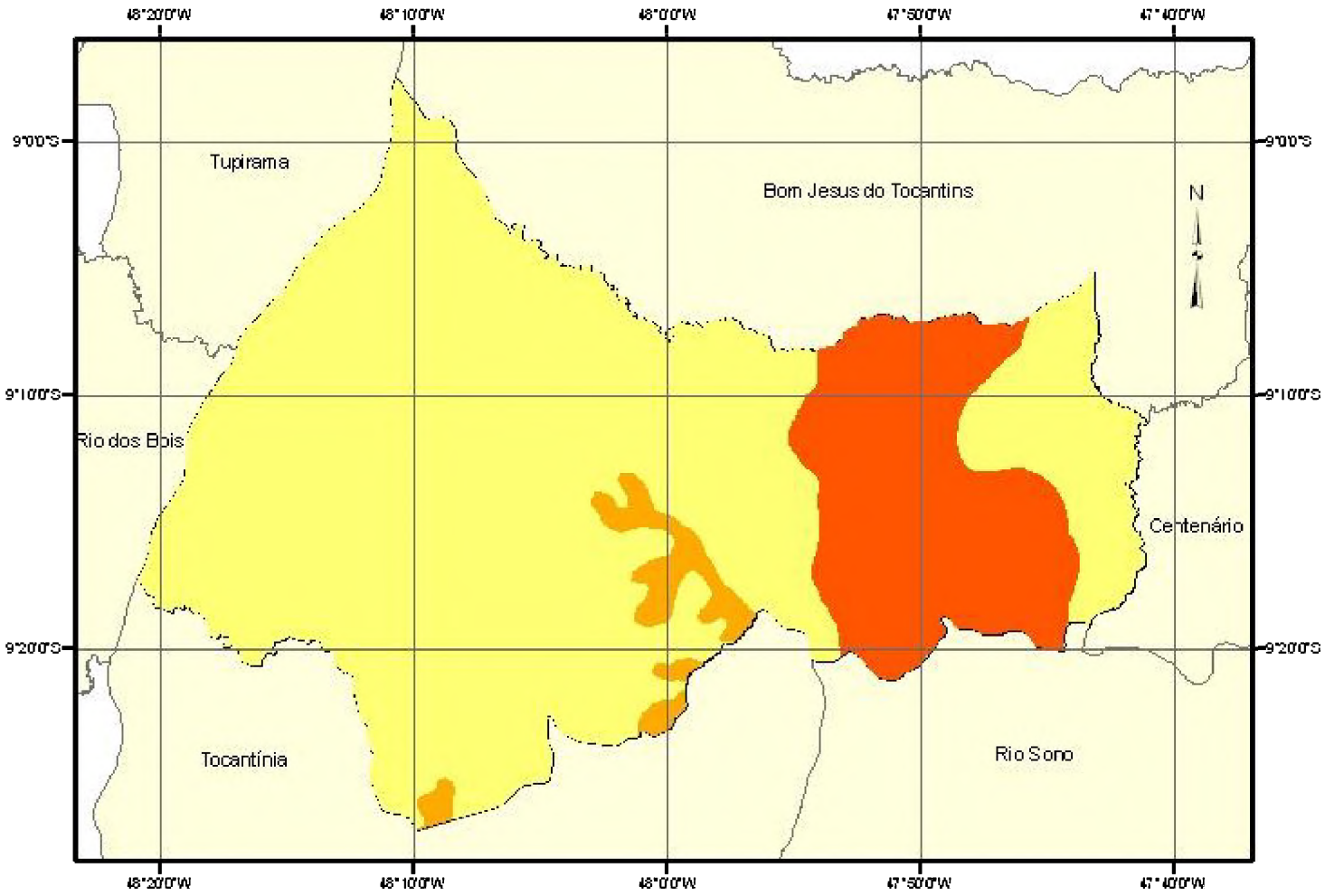
- **Tipo A (declive igual ou inferior a 5%): predominância de áreas com declives suaves, nos quais, a maior parte dos solos, o escoamento superficial é lento ou médio.**
- **Tipo B (declive maior que 5% e igual ou inferior a 10%): predominância de áreas com superfícies inclinadas, geralmente com relevo ondulado, nos quais o escoamento superficial para a maior parte dos solos é médio ou rápido.**
- **Tipo C (declive maior que 10% e igual ou inferior a 15%): predominância de áreas inclinadas a fortemente inclinadas, cujo escoamento superficial e rápido na maior parte dos solos.**

Digitized by Google

• Tipo D (declive maior que 15% e igual ou inferior a 30%): predominância de áreas inclinadas a fortemente inclinadas, cujo escoamento superficial é rápido a muito rápido na maior parte dos solos.

A Figura 4.15 apresenta o mapa de declividade do município de Pedro Afonso elaborado pela autora a partir de dados cedidos pela SEPLAN-TO (2000).

Digitized by Google



Município de Pedro Afonso

DECLIVIDADE

Legenda

CLASSES

AB

Declive igual ou inferior a 5%

BC

Declive maior que 5% e igual ou inferior a 10%

D

Declive maior que 15% e igual ou inferior a 30%

PROJEÇÃO DE PLATE CARRÉE

Escala 1:500.000

0 5 10 20 Km

Datum: SIRGAS 2000
Fonte: Arquivos digitais do ZEE - SEPLAN-TO -
Escala: 1/250.000

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
Mestrado em Agroenergia
Orientação: Drª Yolanda V. de Abreu
Autora: Heloísa Rodrigues Nascimento

Figura 4.15 - Mapa de declividade

Digitized by Google

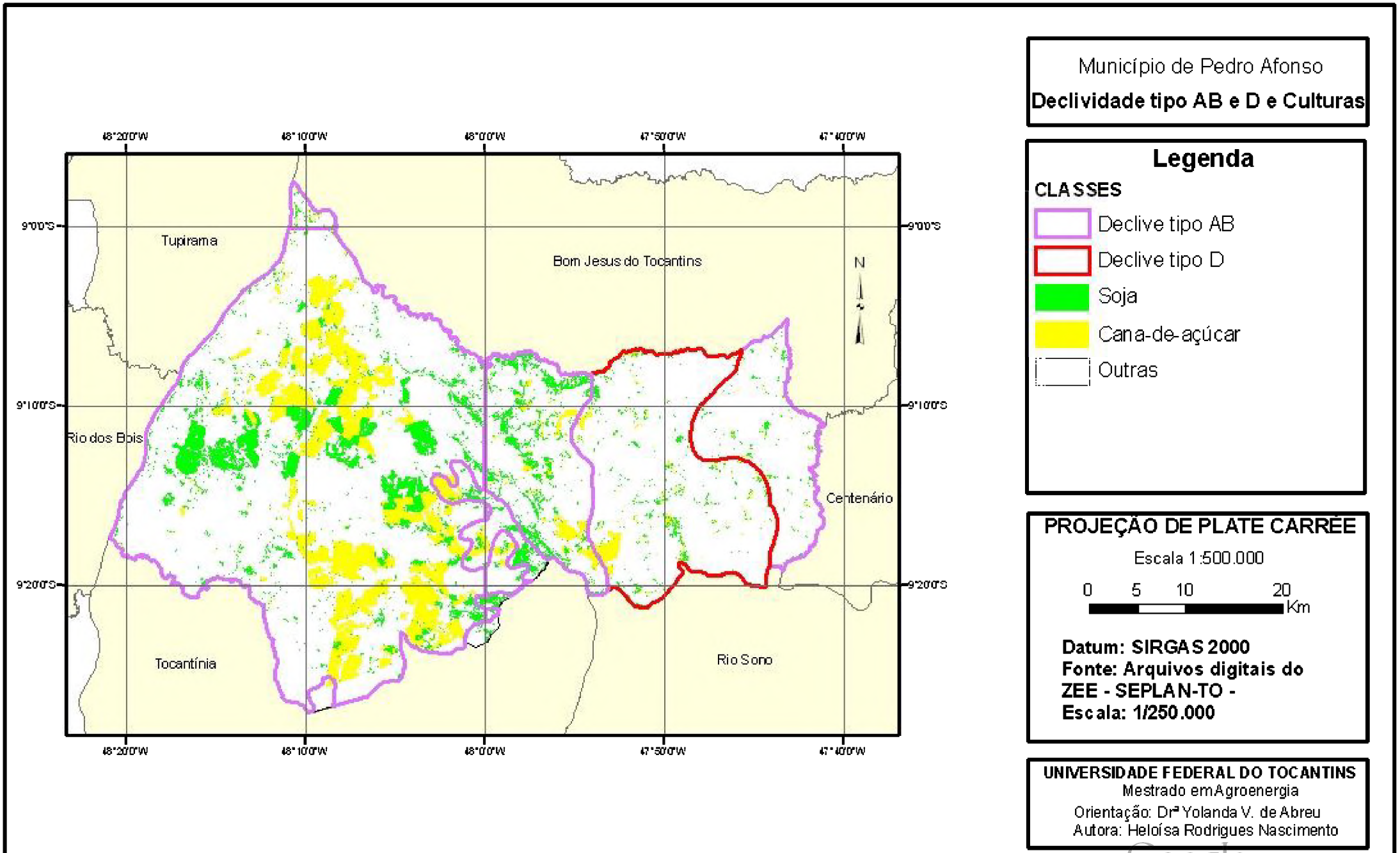


Figura 4.16 - Sobreposição da declividade tipo AB e D com o mapa de culturas

Digitized by Google

4.5.5 Mapa de vegetação potencial

O Mapa de Vegetação Potencial apresenta as classes presentes no município de Pedro Afonso, sendo elas: campo cerrado (Sa) representando 85,51% da formação vegetal da área, a gramíneo lenhosa com floresta de galeria (Sgf) representando 14,23% da formação vegetal e o parque (Sp) representando 0,26% da formação vegetal. A figura 4.17 apresenta o Mapa de Vegetação Potencial do município de Pedro Afonso elaborado pela autora a partir de dados cedidos pela SEPLAN (2000).

4.6 ESTIMATIVA DAS ÁREAS DE AGRICULTURA

A partir de imagens de satélite foi possível a digitalização das amostras das áreas cultivadas com soja, cana-de-açúcar e área preparada para plantio referente à data de 17/01/2010. Este procedimento foi possível utilizando a ferramenta do SPRING: operações métricas. Entretanto a cobertura de nuvens em uma parte da área cultivada pode comprometer a precisão destes resultados, pois as mesmas não foram estimadas, assim obteve-se a área estimada da ocupação das culturas e áreas preparadas para o plantio, de acordo com a tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Estimativa das áreas ocupadas pelas culturas no município de Pedro Afonso em 17/01/2010

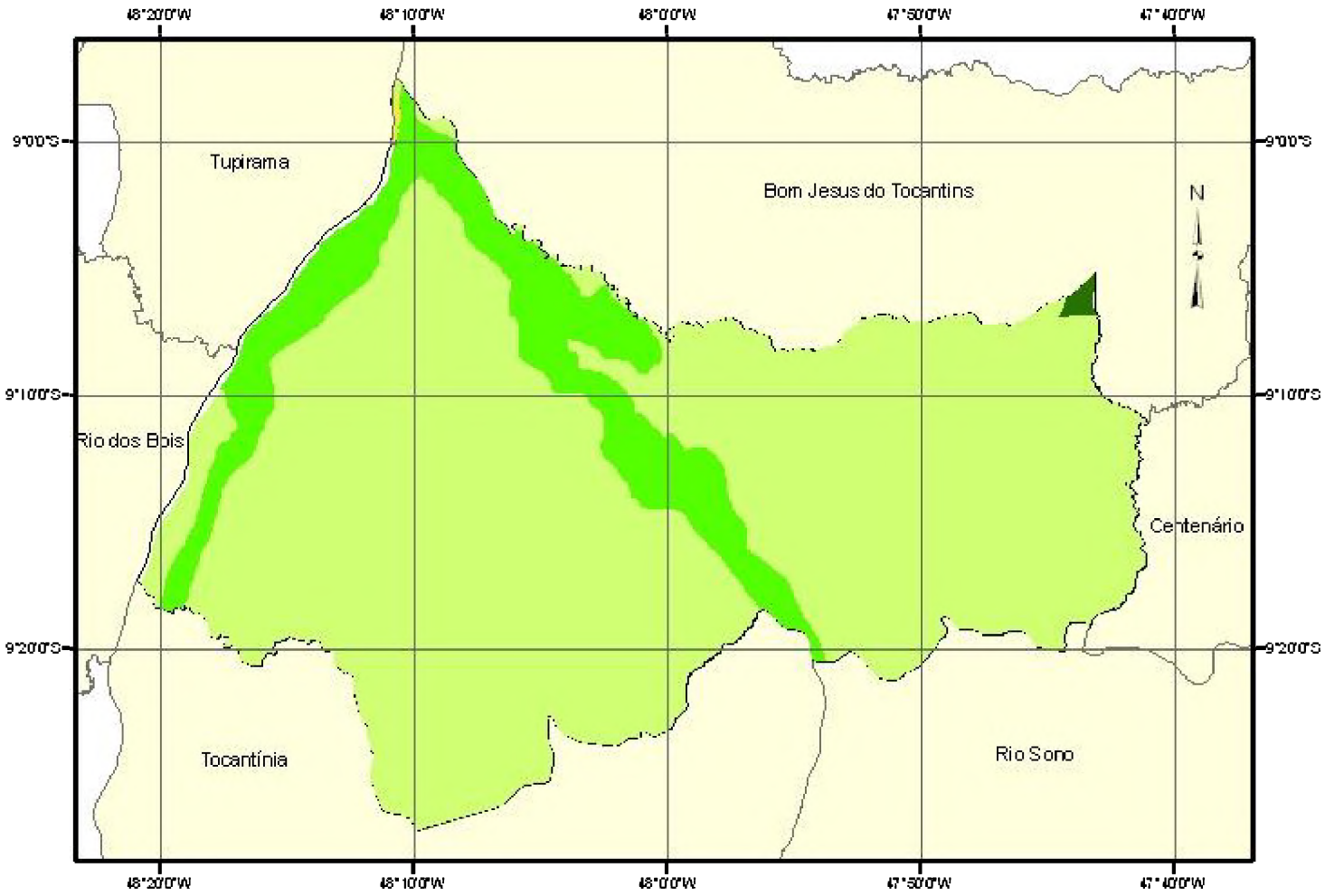
Culturas	Área ocupada (ha)	%
Soja	21.302,007	64,85
Cana-de-açúcar	6.210,987	18,91
Área preparada para plantio	5.332,808	16,24
Total	32.845,802	100,00

Fonte: Dados obtidos através das imagens Landsat 5/TM utilizada na pesquisa

Digitized by Google

Município de Pedro Afonso

VEGETAÇÃO POTENCIAL



Legenda

CLASSES

Sa

Campo Cerrado

Sgf

Gramíneo Lenhosa com Floresta de Galeria

Sp

Parque

PROJEÇÃO DE PLATE CARRÉE

Escala 1:500.000

0 5 10 20 Km

Datum: SIRGAS 2000
Fonte: Arquivos digitais do ZEE - SEPLAN-TO -
Escala: 1/250.000

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
Mestrado em Agroenergia
Orientação: Drª Yolanda V. de Abreu
Autora: Heloísa Rodrigues Nascimento

Figura 4.17 - Mapa de vegetação potencial

Digitized by Google

Um exemplo do uso de imagens de sensoriamento remoto para a estimativa de área cultivada com cana-de-açúcar é o Projeto Canasat, desenvolvido pelo INPE, que desde 2003 vem sistematicamente mapeando as lavouras de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, e desde 2005, os demais estados da Região Centro-Sul. Este projeto utiliza imagens de satélites para identificar e mapear áreas cultivadas com cana-de-açúcar gerando a cada ano/safra mapas temáticos com a distribuição da cana. Estes mapas estão disponíveis na internet no site do CANASAT, onde os canaviais podem ser visualizados pelas imagens. Além disso, podem ser feitas consultas sobre a localização de canaviais, a área cultivada e a evolução do cultivo da cana nos últimos anos tanto por município quanto por estado (RUDORFF; SUGAWARA, 2007).

Ressalta-se que dentre os objetivos do presente estudo pretende-se demonstrar a importância das geotecnologias voltadas para o monitoramento da agricultura de energia, por isso a apresentação dos dados referentes a estimativa de áreas plantadas, refere-se a possibilidade de mais uma informação que pode ser gerada a partir das imagens, entretanto de acordo com Rizzi (2004) para que se possa ter confiança é necessário adquirir mais de uma imagem em períodos específicos ao longo do ciclo da cultura, aliado ao já comentado problema relacionado a cobertura de nuvens, reforça a importância da alta resolução temporal dos satélites de sensoriamento remoto para viabilizar a utilização destas em estimativas de safras agrícolas.

Neste contexto, realizou-se uma comparação entre o valor de área plantada estimada através das imagens Landsat, e o valor fornecido pela ADAPEC/COAPA de área plantada de soja no município de Pedro Afonso apresentado na tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Comparação entre a área plantada com a cultura da soja fornecida pela ADAPEC/COAPA à obtida através imagem Landsat para o ano safra 2009/10.

Município	Área plantada (ha)			Diferença relativa (%) (b * 100)/a
	ADAPEC/COAPA	Landsat (a)	ADAPEC/COAPA – Landsat (b)	
Pedro Afonso (TO)	23.225	21302,007	1.922, 993	9,03

Digitized by Google

Observando os dados da tabela 4.5, verifica-se que em Pedro Afonso, a diferença entre a área plantada estimada sobre a imagem Landsat (21.302 ha) e a área estimada pela ADAPEC/COAPA (23.225 ha) foi de 1.922,993 ha, representando uma diferença relativa de 9,03%. É possível que uma pequena parte responsável pela diferença encontrada referente da área de soja no município seja decorrente de uma parcial cobertura de nuvens.

4.7 MAPA CADASTRAL DE IMÓVEIS PRODUTORES DE SOJA NO MUNICÍPIO DE PEDRO AFONSO

A elaboração do mapa cadastral teve como base as informações obtidas na ADAPEC (2010) e COAPA (2010), referente aos imóveis produtores de soja no município de Pedro Afonso, os armazéns da COAPA e Bunge, e a Usina Bunge de Açúcar, Álcool e Bioenergia com suas respectivas localização (latitude e longitude), e área plantada nas safras 2008/09 e 2009/10.

Este contém um banco de dados com as informações obtidas. Para realizar a consulta a este mapa utiliza-se a ferramenta "identificação" do ArcGIS, clica sobre o ponto, e será aberta uma tabela com as informações sobre o imóvel selecionado. A figura 4.18 apresenta o exemplo da consulta ao mapa cadastral e os atributos associados ao imóvel.

O mapa cadastral representa um banco de dados que contém informações referentes a todos os imóveis produtores de soja presentes no município de Pedro Afonso, estas informações podem ser atualizadas a cada ano/safra, constituindo-se assim em uma ferramenta de organização de dados, servindo como subsídio para a difusão destas informações, tais como o conhecimento da localização e extensão das áreas ocupadas pela cultura da soja em cada imóvel, facilitando assim o repasse dos dados tanto para órgãos governamentais quanto para a iniciativa privada, que estão relacionados ao desenvolvimento da agricultura de energia tanto em nível municipal, regional, estadual e até mesmo nacional.

Digitized by Google

Como os dados podem ser atualizados a cada safra, torna-se possível a realização de cálculos sobre o aumento e/ou diminuição de produção, e até mesmo informações sobre a substituição da cultura atual por outro, servindo de fonte de consulta a diversos órgãos vinculados a agricultura de energia.

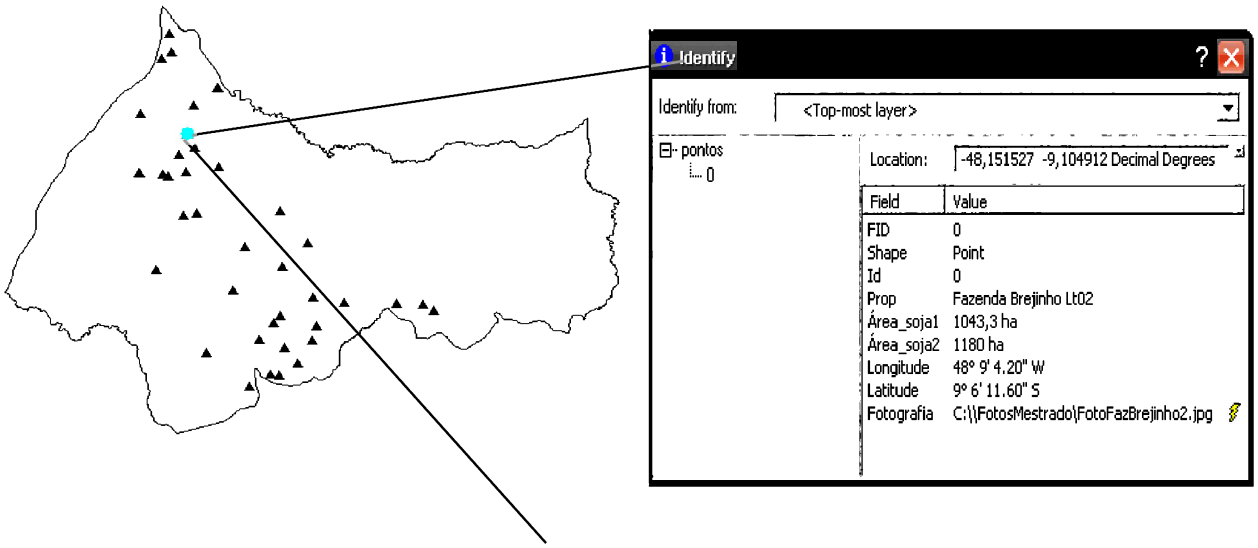


Figura 4.18 – Exemplo da consulta ao mapa cadastral
Fonte: Dados da Pesquisa

A tabela 4.6 apresenta a lista com os dados disponibilizados pela ADAPEC e COAPA para a elaboração do mapa cadastral, contendo a denominação dos imóveis, a localização geográfica (latitude e longitude), a área plantada referente as safras 2008/09 e 2009/10 em cada imóvel situado no município de Pedro Afonso (TO).

Digitized by Google

Tabela 4.6 – Lista dos imóveis produtores de soja no município de Pedro Afonso (TO)

Município	Propriedade	Latitude	Longitude	Área de soja (ha) 2008/09	Área de soja (ha) 2009/10
Pedro Afonso	Fazenda Brejinho Lt02	09º 06' 11,6"	48º 09' 04,2"	1043,3	1180
	Fazenda Caixeta Lt03	09º 07' 40,4"	48º 09' 37,3"	450	580
	Fazenda Campinas Lt04	09º 08' 53,4"	48º 09' 08,3''	640	1000
	Faz. Sol Nascente 29	09º 20' 31,8"	48º 04' 21,8"	450	480
	Fazenda Tabajara	09º 17' 55,8"	47º 58' 54,7"	460	320
	Faz. Pedra Azul Lt21	09º 13' 48"	48º 01' 16"	740	820
	Fazenda Ebenézer	09º 03' 00,2"	48º 07' 07,7"	85	85
	Lote 08	09º 08' 59"	48º 10' 38"	430	480
	Santa Rita	09º 21' 27"	48º 07' 50,3"	4500	4500
	Urucu	09º 17' 35,1"	48º 00'53,3"	850	780
	Lote 16	09º 15' 24"	48º 02' 54"	490	1100
	Tropical	09º 17' 43"	47º 55' 21,6"	210	210
	Boa Esperança I	09º 04' 48,7"	48º 12' 05,4"	100	600
	Lote 19	09º 11' 34"	48º 03' 01"	410	-
	Boa Hora Lt 40	09º 23'46,2"	48º 05' 03,0"	80	400
	Estrela D'alva Lt36	09º 08' 56"	48º 12' 10"	500	480
	Boa Sorte Lt12	09º 15' 40"	48º 11' 07"	800	800
	Ouro Verde Lt 32	09º 22' 59"	48º 03' 05"	350	600
	Babilônia 18	09º 07' 08"	48º 08' 36,9"	580	480
	Lote 35	09º 08' 56"	48º 12' 12"	380	cana
	Lote 06	09º 11' 50,8"	48º 09' 17,3"	370	420
	São Pedro	09º 17' 02,4"	48º 06' 04,8"	450	450
	Fortaleza	09º 08'31,2"	48º 06' 59,9"	1300	-
	Lote 07	09º 09' 09"	48º 10' 20"	630	580
	Lote 31	09º 22' 09"	48º 01' 54"	450	460
	Colorado	09º 18' 29,2"	47º 53' 03,6"	320	320
	Lote 22	09º 18' 50"	48º 03' 03"	1560	1800
	Lote 34	09º 22' 55"	48º 03' 42"	120	480
	Novo Horizonte	09º 20' 34,3"	48º 00' 56,7"	1710	1710
	Lote 28	09º 21' 05,4"	48º 02' 45,7"	460	480
	Boaventura 39	09º 19' 34,9"	48º 00' 41,2"	500	520
	Estrela do Chupé Lt27	09º 19' 23"	48º 03' 27"	450	400
	Faz. Arco Verde Lt01	08º 58' 54,2"	48º 10'50"	410	460
	Fazenda Santa Fé	09º 14' 05,5"	48º 05' 18"	5200	-
	Fazenda Vitória	09º 17' 58,7"	47º 55' 28,2"	330	380
	Fazenda Três Coqueiros	09º 11' 54"	47º 55' 45,2"	220	220
	Fazenda Paraíso	09º 02' 59,9"	48º 07' 07,3"	80	80
	Fazenda Monte Sião	09º 18' 03,5"	47º 53' 44,1"	370	370
		Área tota (ha)		28.478,30	23.225,00

Fonte: ADAPEC (2010); COAPA (2010).

Digitized by Google

Capitulo V

Digitized by Google

CONSIDERAÇÕES FINAIS DA APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE GEOTECNOLOGIAS SOBRE O MUNICÍPIO DE PEDRO AFONSO (TO)

Este trabalho teve como objetivo principal apresentar a importância de utilizar as ferramentas desenvolvidas pelas geotecnologias para o monitoramento e planejamento no desenvolvimento da ocupação das culturas agrícolas destinadas a produção de energia. A partir da utilização de imagens de satélites, planos de informação cedidos pela SEPLAN (TO) e os dados obtidos pela pesquisa de campo junto a COAPA e ADAPEC, foi possível a elaboração de carta-imagem, mapas temáticos e o mapa cadastral, que integrados produziram um banco de dados geográficos referente ao município de Pedro Afonso-TO.

A carta-imagem obtida a partir do processamento de imagens possibilitou a visualização espacial das características presentes na área, apresentando como vantagem o aspecto multitemporal, ou seja, pode ser atualizada periodicamente, permitindo a realização de novos estudos. Entretanto, faz-se necessário expor que houve dificuldade encontrar imagens livre da cobertura de nuvens no período da safra. Porém a imagem com data de 17/01/2010, coletada para este trabalho, proporcionou estes resultados com prejuízos mínimos, mesmo impondo algumas limitações quanto à estimativa da safra neste período.

O mapa de uso e cobertura do solo, oriundo do processo de classificação e interpretação das imagens apresentou a distribuição das classes criadas: vegetação e pastagem, área urbana, água (rios, lagos, represas), agricultura e solo exposto, e sua respectiva distribuição dentro da área do município. Tal sistema apresenta as vantagens com relação ao custo, disponibilidade e agilidade, mostrando-se importante ferramenta para aplicações agrícolas, como: a identificação, localização, mapeamento e estimativa de áreas ocupadas pelas culturas. Os números demonstraram que na região predomina a vegetação e pastagem (58,50%), havendo presença de solo exposto (21,50%), áreas destinadas à agricultura (15,76%) e outras.

Digitized by Google

No mapa de culturas, pode-se observar a distribuição espacial das mesmas dentro da área de estudo, destacando-se a cultura da soja (66,87%), e a expansão da cana-de-açúcar (17,83%) no município, sendo importante ferramenta para identificar e localizar as áreas de produção.

O trabalho de campo contribuiu significativamente, pois a coleta de amostras das classes possibilitou a comprovação e aprimoramento da qualidade da classificação, principalmente na identificação e diferenciação das culturas: cana-de-açúcar e soja.

A elaboração dos mapas temáticos, para o município de Pedro Afonso a partir de dados da SEPLAN-TO, pode ser útil como ferramenta de estudo relacionada com a distribuição das características físicas e suas classes dentro da área. Esta constatação é resultado dos mapas temáticos apresentarem fatores intrínsecos a adaptação e desenvolvimento das culturas em questão. Portanto, podem auxiliar na solução de problemas futuros vinculados ao comando e controle do direcionamento de atividades praticadas dentro da área estudada.

A ferramenta "operações métricas" disponível no software SPRING permitiu que a partir de uma imagem georreferenciada obtivesse a estimativa da área plantada das culturas de soja e cana-de-açúcar, auxiliando no levantamento e acompanhamento de dados para conhecimento da produção. A partir deste dado foi possível fazer comparação entre a estimativa de área plantada da cultura da soja obtida na imagem Landsat e a estimativa de área plantada fornecida pela ADAPEC/COAPA, sendo encontrada uma diferença relativa de 9,03% entre as mesmas, que pode ser resultado da presença de nuvens sobre uma pequena área.

As informações do mapa cadastral, após a sua finalização, transformaram-se em um banco de dados que poderá ser utilizado por órgãos públicos, empresas privadas e cooperativas oferecendo informações quanto a localização dos imóveis produtores de soja no município, assim como a sua produção em cada safra. A partir dos dados do mapa cadastral é possível a realização de cálculos sobre aumento ou diminuição de produção, e até mesmo informações sobre a

Digitized by Google

substituição da cultura atual por outra, servindo de fontes de consulta a diversos órgãos vinculados a agricultura de energia.
A metodologia empregada para obtenção dos produtos citados acima se mostrou eficaz, no que diz respeito aos conceitos, ferramentas e técnicas disponíveis e em proporcionar o alcance dos objetivos propostos inicialmente para a pesquisa.

Os resultados finais de todos os levantamentos e análises realizadas foram integrados em uma única base de dados. Este procedimento permitiu que tal base de dados se apresentasse de forma dinâmica e que futuramente o mesmo pode ser atualizado, originando novos produtos. Tal banco de dados é uma ferramenta importante de planejamento e pode ser utilizada por gestores municipais, estaduais e federais para organização do espaço rural de forma sustentável.

Sugere-se o emprego de imagens de alta resolução para uma análise mais minuciosa da diferenciação entre as classes de uso e cobertura do solo presentes no município, gerando assim uma classificação mais detalhada. Recomenda-se, também, uma nova elaboração dos mapas geológico, geomorfológico, pedológico, pluviosidade e declividade em escala menor para obtenção de dados mais detalhados que servirão de base para novos resultados.

Digitized by Google

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, F.R. VIEIRA, J.N. de S. RAMOS, S. Programa nacional para a produção e uso do biodiesel: diretrizes, desafios e perspectivas. Rev. Poli. Agrícola, Ano XV, n. 03, jul/ago/set, 2006.

ADAPEC – TO, Agência de Defesa Agropecuária do Tocantins. Lista de imóveis produtores de soja do município de Pedro Afonso-TO. 2010.

AGROBYTE. Cana-de-açúcar (*Saccharum híbridas*). 2009. Disponível em: <www.agrobyte.com.br/cana.htm>. Acesso em: 12 nov. 2010.

AGROMUNDO. TO: Bunge começa a operar em Pedro Afonso em junho. 2010. Disponível em: <www.agromundo.com.br>. Acesso em: 01 fev. 2011.

ANP-Agência Nacional do Petróleo. Anuário Estatístico 2010. Disponível em: <www.anp.gov.br>. Acesso em: 26 set. 2010.

_____. 2009. Disponível em: <www.anp.gov.br>. Acesso em: 11 out. 2010.

ANTUNES, J.F.G. Aplicação da lógica Fuzzy para estimativa de área Plantada da cultura da soja utilizando imagens AVHRR-NOAA. Campinas, SP. 2005. 105f. Dissertação (mestrado em engenharia agrícola).UNICAMP, 2005.

ASSAD, E.D. SANO, E.E. *et al*. Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa-SPI/ Embrapa-CPAC, 1998. 434p.

ASSAD, M.L.L.; HAMADA, E.; CAVALIERI,A. Sistema de Informações Geográficas na avaliação de terras para agricultura. In: ASSAD, E.D. SANO, E.E. *et al*. Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa-SPI/ Embrapa-CPAC, 1998. p.191-229.

Digitized by Google

BATISTA, G.T. AFFONSO, A. Introdução ao geoprocessamento e ao sensoriamento remoto. (Bacharelado em Agronomia). Universidade de Taubaté – UNITAU. 2002. Apostila

BNDES-Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável. BNDES e CGEE (Org). 1. ed. Rio de Janeiro, 2008.

_____. Campo cerrado. Disponível em: <www.bndes.cnpm.embrapa.br/textos/c_cerrado.htm>. Acesso em:04 jan. 2011.

BONOMI, A. FELIPE, M.G.A. Novo Modelo Industrial e Usos Finais do etanol. In: CORTEZ, L.A.B (coord). Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade. São Paulo: Blucher, 2010. p.543-545.

BRASIL ECODIESEL. A companhia: usinas. 2008. Disponível em: <www.brasilecodiesel.com.br>. Acesso em:10 nov. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anuário estatístico da agroenergia. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009.

_____. _____. Cadeia produtiva da agroenergia. Brasília, DF: IICA:MAPA/SPA, 2007. 112p.

_____. _____. Plano nacional de agroenergia. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa, 2006.110p.

BRIEU, T.P. Programa nacional de produção e uso do biodiesel: um balanço da primeira fase até 2008. Dissertação (mestrado em energia) USP, São Paulo, 2009. Programa de Pós-Graduação em Energia da USP, 160p.

CAETANO, M. SANTOS, T. GONÇALVES, L. Cartografia de ocupação do solo com imagens de satélite: estado da arte. 2002. Disponível em: <www.igeo.pt/gdr/pdf/caetano2002a.pdf>. Acesso em:18 fev. 2011.

Digitized by Google

CAMARGO, A.P. CAMARGO, M.B.P. Latitude e o Tipo Climático. O Agronômico, Campinas, v.5, n.2, p.17, 2005. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/OAgronômico/57_2/LatitudeEOTipoClimatico.pdf>. Acesso em: 30 set. 2010.

CAMPOS, J.M. de.; NEVES, J.M.A da S.; NEVES, R. J.; CASARIN, R.; COCHEV, K.S. Geração de informações através das geotecnologias para subsidiar a atividade turística na área da Ponta do Morro – Cáceres-MT. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS DO PANTANAL, 2. Anais... Corumbá, 7-11 novembro 2009, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.738-746.

CÁNEPA, D.L. Alternativas de constituição da cadeia produtiva do biodiesel na perspectiva dos centros de P&D. 108f. Dissertação (mestrado em agronegócios). Porto Alegre, 2004. UFRGS.

CASTANHO, R.B. Uso do geoprocessamento no estudo da produção agropecuária da microrregião de Carazinho-RS. 2006. 237f. Tese (doutorado em Geografia). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

CASTANHO, R.B. TEODORO, M.A. O uso de geotecnologias no estudo da produção agropecuária. Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Médium, v. 1, 2010, p. 136-153.

COAPA. Cooperativa Agroindustrial do Tocantins. 2010. Disponível em: <www.coapa.com.br>. Acesso em: 04 jan. 2011.

COLLICCHIO, E. Zoneamento edafoclimático e ambiental para a cana-de-açúcar e as implicações das mudanças climáticas no estado do Tocantins. 156f. Tese (doutorado em ecologia aplicada) ESALQ/USP, Piracicaba, 2008.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos, 3º levantamento, dez,2008. Brasília: Conab, 2010.

Digitized by Google

_____. Etanol como um novo combustível universal: análise estatística e projeção do consumo doméstico e exportação do etanol brasileiro no período de 2006-2011. Agosto. 2008. Org. Ângelo Bressan Filho.

CORTEZ, L.A.B. Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade. Luis Augusto Barbosa Cortez (coord). São Paulo: Blucher, 2010.

COSTA, J.A. Cultura da Soja. Porto Alegre: Ed. Evangraf, 1996. 233p.

COSTA, R.C. da. PRATES, C.P.T. O Papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado. BNDES Setorial. 2005. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2102.pdf>. Acesso em: 24 set. 2010.

CROSTA, A. P. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. Campinas: IG/UNICAMP, 1992.

CRUZ, C.H.de B. Bioenergia da Cana-de-Açúcar no Brasil: sustentabilidade, redução de emissões e segurança energética. In: CORTEZ, L.A.B. Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade. Luis Augusto Barbosa Cortez (coord). São Paulo: Blucher, 2010. Prefácio p.XXVII a XXIX.

D'ALGE, J.C.L. Geoprocessamento – teorias e aplicações. Parte I. Cap.06 – Cartografia para Geoprocessamento. INPE, 2001. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>. Acesso em: 28 nov. 2010.

DOMINGUES, M.S. Avaliação da monocultura da soja como matéria-prima para a produção de biodiesel e sua relação com o desmatamento da floresta amazônica: estudo de caso na região de São José do Xingu (MT). 170 f. Dissertação (mestrado de pós-graduação em Energia). IEE/USP: São Paulo, 2010.

ECKHARDT, R.R.; REMPEL, C.; SALDANHA, D.L.; GUERRA,T.; PORTO, M.L.; Análise e diagnóstico ambiental do Vale do Taquari-RS-Brasil, utilizando

Digitized by Google

sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis,Brasil. Anais... ,INPE, 2007. p. 5191-5.198.

EMBRAPA. A soja no Brasil em 2004. Disponível em: <www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm>. Acesso em: 08 out. 2010.

EMBRAPA SOJA – Embrapa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. Tecnologias de produção da soja. Região central do Brasil. 2007. Londrina/PR. Embrapa, 2006. Disponível em: <www.cnpso.embrapa.br/download/tpsoja_2007.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2011.

ENSINAS, A.V. ARNÃO, J.H.R. NEBRA, S.A. Aumento da Eficiência Energética em Plantas Produtoras de Açúcar, Etanol e Energia Elétrica. In: CORTEZ, L.A.B. Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade. Luis Augusto Barbosa Cortez (coord). São Paulo: Blucher, 2010. p.583-600.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Cadernos de energia EPE. Perspectivas para o Etanol no Brasil. 2008. Disponível em: <www.epe.gov.br>. Acesso em: 24 set. 2010.

ESRI. Enviroumental Systems Research Institute . Tutorial ArcGis. 2006.

FARIAS, J.R.B. NEPOMUCENO, A.E. NEUMAIER, N. OYA,T. Ecofisiologia. In: A cultura da soja no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2000.

FAVRIN, V.G. As geotecnologias como instrumento de gestão territorial integrada e participativa.231f. Dissertação (mestrado em geografia humana) USP, São Paulo, 2009.

FIGUEIREDO, D. Conceitos básicos de sensoriamento remoto. Setembro, 2005.

Digitized by Google

FILHO, J.H.C. A estrutura socioeconômica da produção de etanol no Brasil: o uso dos fatores primários de produção e as suas relações intersetoriais. Tese (doutorado em economia aplicada) - USP/ESALQ, Piracicaba, 2009.

FLORENZANO, T.G (Org). Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, T.G. Imagens de satélites para estudos ambientais. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

FURLAN JR, J.; KALTNER, F.J.; AZEVEDO, G.F.P.; CAMPOS, I.A. Biodiesel: Porque têm que ser dendê. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. Disponível em: <http://www.cpatu.embrapa.br/publicacoes_online/livros/biodiesel-por-que-tem-que-ser-dende/at_download/PublicacaoArquivo>. Acesso em: 31 out. 2010.

GARCIA, J.R. O Programa nacional de produção e uso do biodiesel brasileiro agricultura familiar na Região Nordeste. 218f. Dissertação (mestrado em desenvolvimento econômico) UNICAMP, Campinas, 2007.

GLFC. Global Land Cover Facility. Landsat Geocover at the Global Land Cover Facility. Disponível em: <www.landcover.org/research/portal/geocover>. Acesso em 14 jan. 2011.

IBGE. Censo 2010 População por município. Disponível em: <www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_tocantins.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2010.

_____. Produção agrícola municipal – 2009. 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 22 dez. 2010.

_____. Produção agrícola municipal – 2007. 2008. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 22 dez. 2010.

Digitized by Google

_____. Produto interno bruto dos municípios 2004-2008. 2008. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 08 jan. 2011.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Software SPRING versão 5.1.6. São José dos Campos. Disponível em: <www.dpi.inpe.br>. Acesso em: 01 ago. 2009.

_____. Departamento de Processamento de Imagens – PDI. SPRING: SPRING Básico – Tutorial SPRING. Material de Curso de SPRING Básico. São José dos Campos, 2004.

_____. SPRING básico. Tutorial 10 aulas – SPRING 5.1. Agosto de 2009.

JANK, M.S. RODRIGUES, L. Dinâmica e agenda do setor sucroalcooleiro na próxima década.Rev. de Política Agrícola, ano XVI, n.04, out/nov/dez, 2007.

JANUZZI, G. de M. Uso da água na produção de etanol de cana-de-açúcar. In: CORTEZ, L.A.B. Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade. Luis Augusto Barbosa Cortez (coord). São Paulo: Blucher, 2010. p.271-278.

JÚNIOR, J.B.T.; SANTOS, D.R.; HAYAKAWA, E. H.; PRADO, B.R. do.; MARTINS, V.A.; ANTUNES, M.A.H.. Avaliação dos dados GeoCover a partir de dados de campo coletados com receptores GPS. In: Anais XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009. Natal, Brasil, Anais... INPE, p.1889-1896.

LANDELL, M.G. de A.; CRESTE,S.; PINTO, L.R.; XAVIER, M.A.; BRESSIANI, J.A. A estratégia de seleção regional no desenvolvimento de cultivares de cana-de-açúcar para bioenergia. In: CORTEZ, L.A.B. Bioetanol de Cana-de-Açúcar: P&D para Produtividade e Sustentabilidade. Luis Augusto Barbosa Cortez (coord). São Paulo: Blucher, 2010. p.345-352.

Digitized by Google

LEAL, M.R.L.V. Evolução tecnológica do processamento da cana-de-açúcar para Etanol e Energia Elétrica. In: CORTEZ, L.A.B. Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade. Luis Augusto Barbosa Cortez (coord). São Paulo: Blucher, 2010. p.561-576.

LEIRAS, A. Avaliação da cadeia produtiva: uma avaliação econômica para o caso da Bahia. 2006. 156f. Dissertação (mestrado em engenharia industrial). PUC-RJ.

LEME, R.M. Álcool combustível derivado da cana-de-açúcar e o desenvolvimento sustentável. 2004. Campinas-SP. Disponível em: <www.teses.usp.br>. Acesso em: 19 set. 2010.

LIMA, S.F.S.; FLORENZANO, T.G. Uso de geotecnologias no estudo do Pantanal na educação básica. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS DO PANTANAL, 2., 2009. Corumbá, Anais..., Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.861-868.

LIU, W.T.H. Aplicações de sensoriamento remoto. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2006. 908p.

LUNCKES, J.F. Biodiesel no Tocantins: um estudo de caso da produção de mamona. Palmas, 2009. 130f. Dissertação (mestrado em desenvolvimento regional e agronegócio) UFT.

MACEDO, F.C. Geodésia aplicada. Curso de Formação Continuada em Georreferenciamento de Imóveis Rurais. Palmas, 2009. Apostila.

MACIEL, G.F.; AZEVEDO, P.V. de.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. de. Impactos do aquecimento global no zoneamento de risco climático da soja no Estado do Tocantins. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v.6, n.3, p.141-154, set/dez 2009.

MANZATTO, C.V.; ASSAD, E.D.; BACCA, J.F.M.; ZARONI, M.J.; PEREIRA, S.E.M. Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009, 55p.

Digitized by Google

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Relação das unidades produtoras cadastradas no departamento da cana-de-açúcar e agroenergia, posição em 30/08/2010. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 25 set. 2010.

_____. Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar: expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro. Rio de janeiro, 2009.

MARCOCCIA, R. A Participação do etanol em uma nova perspectiva na matriz energética mundial. 2007. 95p. Dissertação (mestrado em energia) – Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia. Universidade de São Paulo, 2007.

MARIN,F.R. Características da cana-de-açúcar. 2006. Disponível em: <www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01-20_31122006152934.html>. Acesso em: 18 fev. 2011.

MCT. Ministério da Ciência e Tecnologia. Produtor de cana-de-açúcar. Instituto Centro de Ensino Tecnológico. 2. ed. ver. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2004. 64p. (Cadernos Tecnológicos).

MEDEIROS, C.B.; PIRES, F. Banco de Dados e Sistemas de Informações Geográficas. In: ASSAD, E.D. *et al*. Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura. 2. ed. Brasília: Embrapa-SPI/ Embrapa-CPAC, 1998, p.31-43.

MEDEIROS, A.M.P; RUDORFF, B.F.T; SHIMABUKURO, Y.E. Imagens Landsat na estimativa de áreas de cana-de-açúcar, milho e soja. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SE SENSORIAMENTO REMOTO, 08, 1996, Salvador. Anais.... Salvador: INPE, 1996. p.33-37.

MELO, L.C.P.; de. POPPE,M.K. Desafios da pesquisa, desenvolvimento e inovação em biocombustíveis no Brasil. In: CORTEZ, L.A.B. Bioetanol de cana-

Digitized by Google

de-áçúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade. Luis Augusto Barbosa Cortez (coord). São Paulo: Blucher, 2010. p.27-34.

MENDES,V.; CATELLA, A.C.; PARANHOS FILHO, A.C. Uso de geotecnologias na extração manual de divisores de águas na delimitação da bacia hidrográfica do rio Miranda. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS DO PANTANAL, 2., 2009. Corumbá. Anais... Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2009. p.211-219

MICHELLON, E; SANTOS, A.A.L; RODRIGUES, J.R.A. Breve descrição do proálcool e perspectivas futuras para o etanol produzido no Brasil. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46,. 2008. Rio Branco-AC, Anais...

MONZANE, M.R.G. O Uso de geotecnologias na gestão agrícola: um estudo aplicado ao processo de inspeção na citricultura. 2008. 147p. Dissertação (mestrado em engenharia de produção) Escola de Engenharia de São Carlos, USP: São Carlos, 2008.

MORAES, M.A.F.D. Considerações sobre a indústria do etanol do Brasil. 2008. Disponível em: < http://www.unica.com.br>. Acesso em: 24 set. 2010.

MOREIRA, H.L.; OLIVEIRA, V.A. de. Evolução e gênese de um plintossolo pétrico concrecionário êutrico argissólico no município de Ouro Verde de Goiás. Rev. Bras. Ciência do Solo, v.32, p. 1683-1690, 2008.

MOREIRA, M.A. Fundamentos de sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003. 307p.

MOURAD, A.L. Avaliação da cadeia produtiva de biodiesel obtido a partir da soja. 141f. Tese (doutorado em engenharia mecânica). Campinas, SP, 2008.

MUGGLER, C.C. *et al.* Conteúdos básicos de geologia e pedologia. Universidade Federal de Viçosa. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Solos, Viçosa-MG,2005.

Digitized by Google

NETO, M.C. Mapa de matérias-primas para produção de biodiesel no Brasil. 2008. Disponível em: <www.usinasbr.blogspot.com/2008/mapa-do-biodiesel-no-brasil-por-regiao.html>. Acesso em: 31 out. 2010.

_____. Usinas de biodiesel no Brasil. 2008. Disponível em: <www.usinasbr.blogspot.com/2008/04/brasil-ecodiesel-porto-nacionalto.html>. Acesso em: 11 out. 2010.

NOVO, E.M.L de M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. São José dos Campos: Ed. Edgard Blucher Ltda, 1992.

NOVO, E.M.L. de M.; PONZONI, F.J. Introdução ao sensoriamento remoto. São José dos Campos, 2001. 68p.

O JORNAL. Etanol traz cultivo para o Tocantins. 2007. Disponível em: <http://www.ojornal.net/ojornal/index.php?option=com_content&task=view&id=1145&itemid=25>. Acesso em: 25 set. 2010.

PARENTE, E.J.de S. Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza: Tecbio, 2003 68p.

PASSOLONGO,D.G. Cultura da cana-de-açúcar. 2011. Disponível em: <http://www.sabernarede.com.br/agricultura-e-pecuaria/cultura-da-cana-de-acucar>. Acesso em: 27 fev. 2011.

PIRES, E.G. Análise da evolução multi-temporal NDVI/NOAA no município de Pedro Afonso-TO. 72f. (especialização em planejamento ambiental). UFT: Palmas, 2006.

PLÁ, J.A. Histórico do biodiesel e suas perspectivas. 2003. Disponível em: <www.ufrgs.br/decon/publionline/textoprofessores/.../hist_rico.doc>. Acesso em: 30 out. 2010.

Digitized by Google

POZO, A. T. R. Classificação. Disponível em: <www.inf.ufpr.br/aurora/disciplinas/topcosia/Classifica%E7%E3o.ppt#256/Classificação>. Acesso em: 10 mar. 2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PEDRO AFONSO. Aspectos históricos. 2010. Disponível em: <www.pedroafonso.to.gov.br/?lk=6&tx=>. Acesso em: 22 dez. 2010.

PROSINOS. Programa de Educação Ambiental. Vegetação. 2009. Disponível em: <www.portalprosinos.com.br/atlas/conteudo_saofransciscophp?id=formacoes_vegetais_saofrancis>. Acesso em: 04 jan. 2011.

QUEIROZ NETO, J.P. de. Geomorfologia e pedologia. 2003. Disponível em: <www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/geousp/geousp13/geousp13_Queiroz.htm>. Acesso em: 03 jan. 2011.

QUEIROZ, C.J de. Análise de transformações geométricas para o georreferenciamento de imagens de satélite CBERS. Dissertação (mestrado em sensoriamento remoto) UFRGS. CEPSRM, 2003. Disponível em: <www.ufrgs.br/srm/DissertacoesPos/A18.html>. Acesso em: 28 nov. 2010.

RATHMANN, R.; BENEDETTI, O.; PLÁ, J.A.; PADULA,A.D. Biodiesel: uma alternativa estratégica na matriz energética brasileira? Artigo. GINCOB, UFRGS. Disponível em: <www.biodiesel.gov.br/docs/ArtigoBiodieselGINCOB-UFRGS.pdf. 2005>. Acesso em: 03 out. 2010.

RENOVATO, L. Biotins inaugura indústria de biodiesel. Disponível em: <www.biodieselbr.com.br/noticias/em-foco/biotins-inaugura-industria-biodiesel-10-11-2007.htm>. Acesso em: 11 out. 2010.

REPÓRTER BRASIL. O Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar: análise dos avanços e das lacunas do projeto oficial. 2009. Disponível em: <www.reporterbrasil.org.br>. Acesso em: 26 set. 2010.

Digitized by Google

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. Vegetação savânica. 2005. Disponível em: <www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_19_0911200585232.html>. Acesso em: 04 jan. 2011.

RIZZI, R. Geotecnologias em um sistema de estimativa da produção de soja: estudo de Caso no Rio Grande do Sul. 212p. Tese (doutorado em Sensoriamento Remoto).São José dos Campos: INPE, 2004.

ROCHER, J. Cana interrompe avanço da soja no Tocantins. 2010. Disponível em: <www.gazetamaringa.com.br/online/conteudo.phtml?tlid=1070424&tit=Cana-interrompe-avanco-da-soja-no-tocantins>. Acesso em: 04 fev. 2011.

RODRIGUES, T.R.I; ROCHA, A.M; PEREZ FILHO, A. Mapeamento de uso e ocupação das terras na Bacia do Baixo Curso do Rio São José do Dourados-SP por sistemas de informações geográficas e imagem de satélite. In: Anais XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007. Florianópolis, Brasil, Anais..., INPE, p. 6091-6097.

RODRIGUES, W; VASCONCELOS, S.J; BARBIERO, A.K. Análise da efetividade socioeconômica do Prodecer III no município de Pedro Afonso, Tocantins. Trop. Goiânia, v.39, n.4, p 301-306, out/dez,2009. Disponível em: <www.agro.ufg.br/pat_Pesq.Agropec>.Acesso em: 22 dez. 2010.

RODRIGUEZ, A.C.M. Mapeamento multitemporal de uso e cobertura do solo do município de São Sebastião-SP, utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens TM-Landsat e HRV-SPOT. 94f. Publicação didática (Especialização em Sensoriamento Remoto). INPE, São José dos Campos, 2000.

_____. Sensoriamento e geoprocessamento aplicado na análise da legislação ambiental no município de São Sebastião (SP). 217f. Dissertação (mestrado em geografia) USP, São Paulo, 2005.

ROSCOE, R. Agroenergia: uma nova era na agricultura brasileira. Rev. A Lavoura, junho/2006, p.31-33.

Digitized by Google

RUDORFF, B.F.T.; AGUIAR, D.A.; SILVA, W.F.; SUGAWARA, L.M.; ADAMI, M.; MOREIRA, M.A. Studies on the rapad expansion of sugarcane for etanol production in São Paulo (Brazil) using Landsat data. Remote Sens, 2010. 2 (4). 1057 -1076. Disponível em: <www.mdpi.com/2072-4292/2/4/1057> Acesso em:19 abr. 2011.

RUDORFF, B.F.T.; MOREIRA, M.A. Sensoriamento aplicado a agricultura.(capítulo 9). São José dos Campos: INPE, 2002.

RUDORFF, B.F.T.; SUGAWARA, L.M. Mapeamento da cana-de-açúcar na Região Centro-Sul via Imagens de Satélites. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.28, n.241, p.79-86. nov/dez/2007.

SACHS, I. Da civilização do petróleo a uma nova civilização verde. Instituto de Estudos Avançados da USP, v. 19, n.55, 2005, p. 197-214.

SANTOS, A.R. dos.; PELUZIO, T.M. de O.; SAITO, N.S. SPRING 5.1.2 passo a passo: aplicações práticas. Alegre, ES: CAUFES, 2010. 153p.

SANTOS, M.A. dos. Inserção do biodiesel na matriz energética brasileira: aspectos técnicos e ambientais relacionados ao seu uso em motores de combustão. 118f. Dissertação (mestrado em energia) USP, São Paulo, 2007.

SEAGRO, Secretaria de Agricultura do Estado do Tocantins. Agricultura. 2010. Disponível em: <http://seagro.to.gov.br/conteudo.php?id=18>. Acesso em: 28 ago. 2010.

SEAGRO, Secretaria de Agricultura do Estado do Tocantins. Biodiesel. 2008. Disponível em: <http://seagro.to.gov.br/conteudo.php?id=20>. Acesso em: 28 ago. 2010.

_____. Mapa da cultura da soja no Tocantins – 2007/2008. 2008. Disponível em: <http://www.seagro.to.gov.br>. Acesso em: 29 jan. 2011.

Digitized by Google

SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio as Micro e Pequenas Empresas. Cartilha biodiesel. 2007. Disponível em: <www.biodiesel.gov.br/docs/Cartilha_Sebrae.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2010.

_____. Diagnóstico municipal de Pedro Afonso. 2006. Disponível em: <www.sebrae.com.br/uf/tocantins/acesse/biblioteca-online>. Acesso em: 21 dez. 2011.

SEDIYAMA,T.; PEREIRA, M.G.; SEDYIAMA, C.S.; GOMES, J.L.L. Cultura da soja: I parte. Viçosa: UFV-MG, 1996. 96p.

SEPLAN. Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico (DZE). Uma indicação de potencial de uso das terras do Tocantins. Ricardo Ribeiro Dias(Org). Palmas, Seplan/DZE, 2000.14p.

_____. Secretaria do Planejamento. Superintendencia de Planejamento e Gestão Central de Políticas Públicas. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico (DZE). Base de dados geográficos do Tocantins. Versão 2008. Palmas, Seplan/DZE, 2009.CD-ROM.

SILVA, A.L.G. da.; FRANCISCO, C.N. Descrição dos principais sistemas sensores orbitais em operação. Universidade Federal Fluminense. Instituto de Geociências. Departamento de Cartografia. Disciplina: Sensoriamento Remoto. Jan/2002. Notas de Aula.

SILVA, A.M. e. Curso de processamento digital de imagens de satélite. 2001. Disponível em: <www.cartografia.org.br>. Acesso em: 28 nov. 2010.

SILVA, C. M.; SILVA, C. M.; GOMES, G. S.; NASCIMENTO, H. R.; MARSON, K. A.; FREITAS, M. A. G.; SILVEIRA, M. R.; ZUNIGA, A. D. G. Panorama e perspectivas para a produção de etanol na Amazônia Legal. UFT, 2009.

Digitized by Google

SILVA, R.L. da.; SILVA, D.L. da. Aplicação de sensores remotos na classificação e estudo em áreas georreferenciadas para atividades rurais na Região Centro-Oeste e Norte do Brasil. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS DO PANTANAL, 2., 2009. Corumbá, 7-11 novembro de 2009, Anais... Embrapa Informática Agropecuária/ INPE, p. 998-1008.

SILVA, W.S.D. da S. Mapeamento das variáveis mercadológicas para a produção de biodiesel a partir da mamona na Região Nordeste do Brasil. 2006. 144f. Dissertação (mestrado em engenharia mecânica) UFPE, Recife,PE, 2006.

SOUSA, D.M.G de.; LOBATO, E. Latossolos. 2005. Disponível em: <www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html>. Acesso em: 04 jan. 2011.

_____. _____. Areia quartzosa/neossolo quartzarênico. 2005. Disponível em: <www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_2_10112005101955.html>. Acesso em: 04 jan. 2011.

SOUZA, G.M. SLUYS, M.A.V. Genômica e biotecnologia da cana-de-açúcar: estado da arte, desafios e ações. In: CORTEZ, L.A.B. Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade. Luis Augusto Barbosa Cortez (coord). São Paulo: Blucher, 2010. p.325-332.

SOUZA, R.R. Panorama, oportunidades e desafios para o mercado mundial de álcool automotivo. 2006. Dissertação (mestrado em ciências em planejamento energético) Coppe/ UFRJ, Rio de Janeiro, fevereiro, 2006.

STRAPASSON, A.B.; JOB, L.C.M.A. Etanol, meio Ambiente e tecnologia: reflexões sobre a experiência brasileira. Rev. Poli. Agrícola, Ano XV, n. 03, jul/ago/set, 2006.

SUGAWARA, L.M.; RUDORFF, B.F.T.; ADAMI, M. Viabilidade do uso de imagens do Landsat em mapeamento de área cultivada com soja no Estado do Paraná. Pesq. Agropec. Bras, Brasília, v.43, n.12, p. 1777-1783, dez. 2008.

Digitized by Google

SULSOFT – Serviços de Processamentos de Dados. Guia do Envi em português. 2008.

TOCANTINS. Secretaria de Comunicação. Tocantins implanta projeto de usina de álcool extraído de mandioca. Palmas, 2009. Disponível em: <http://secom.to.gov.br/noticia/tocantins-implanta-projeto-de-usina-de-álcool-extraido-da-mandioca/23716>. Acesso em: 26 set. 2010.

ÚNICA. União das Indústrias de Cana-de-açúcar. Produção brasileira de etanol. 2009. Disponível em: <http://www.unica.com.br/downloads/estatistica/produçãobrasileiradeetanol>. Acesso em: 25 set. 2010.

VENTURIERI, A.; SANTOS, J.R. dos. Técnicas de classificação de imagens para análise de cobertura vegetal. In: ASSAD, E.D. SANO, E.E. *et al*. Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura. 2. ed. Brasília: Embrapa-SPI/ Embrapa-CPAC, 1998, p.351-369.

VIERA, E.G.; ROVANI, F.F.M. O Uso da terra em Silveira Martins:uma nova perspectiva ou possibilidade por meio das geotecnologias. UFSM: Santa Maria/RS: 2009. Disponível em: <www.egal2009.easyplanners.info/area04/413>. Acesso em: 10 ago. 2010.

Digitized by Google