



Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m19/2012/05.10.18.50-TDI

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS PARA CULTIVOS DESTINADOS À PRODUÇÃO DE BIOENERGIA COM APOIO DE GEOTECNOLOGIAS

Adalberto Koiti Miura

Tese de Doutorado do Curso de
Pós-Graduação em Sensoriamento
Remoto, orientada pelos Drs. Yo-
sio Edemir Shimabukuro, e Antô-
nio Roberto Formaggio, aprovada
em 14 de março de 2012.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3BS8BU5>>

INPE
São José dos Campos
2012

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE (RE/DIR-204):**Presidente:**

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Membros:

Dr. Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr^a Inez Staciari Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Dr. Germano de Souza Kienbaum - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

Dr. Manoel Alonso Gan - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Vivêca Sant'Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)



Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m19/2012/05.10.18.50-TDI

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS PARA CULTIVOS DESTINADOS À PRODUÇÃO DE BIOENERGIA COM APOIO DE GEOTECNOLOGIAS

Adalberto Koiti Miura

Tese de Doutorado do Curso de
Pós-Graduação em Sensoriamento
Remoto, orientada pelos Drs. Yo-
sio Edemir Shimabukuro, e Antô-
nio Roberto Formaggio, aprovada
em 14 de março de 2012.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3BS8BU5>>

INPE
São José dos Campos
2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Miura, Adalberto Koiti.
M698i Identificação de áreas potenciais para cultivos destinados à produção de bioenergia com apoio de geotecnologias / Adalberto Koiti Miura. – São José dos Campos : INPE, 2012.
xxx + 122 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m19/2012/05.10.18.50-TDI)

Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2012.

Orientadores : Drs. Yosio Edemir Shimabukuro, e Antônio Roberto Formaggio.

1. sensoriamento remoto. 2. Sistemas de Informação Geográfica. 3. rede neural SOM de Kohonen. 4. agroenergia. I.Título.

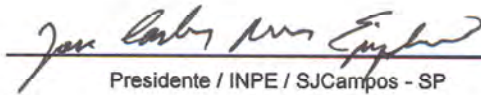
CDU 528.46:711(816.5)

Copyright © 2012 do MCT/INPE. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada em um sistema de recuperação, ou transmitida sob qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico, mecânico, fotográfico, reprográfico, de microfilmagem ou outros, sem a permissão escrita do INPE, com exceção de qualquer material fornecido especificamente com o propósito de ser entrado e executado num sistema computacional, para o uso exclusivo do leitor da obra.

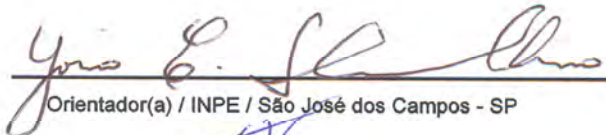
Copyright © 2012 by MCT/INPE. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, microfilming, or otherwise, without written permission from INPE, with the exception of any material supplied specifically for the purpose of being entered and executed on a computer system, for exclusive use of the reader of the work.

Aprovado (a) pela Banca Examinadora
em cumprimento ao requisito exigido para
obtenção do Título de Doutor(a) em
Sensoriamento Remoto

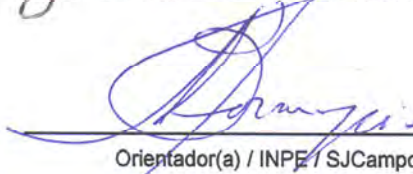
Dr. José Carlos Neves Epiphânio


Presidente / INPE / SJC Campos - SP

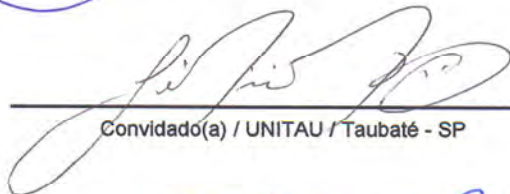
Dr. Yosio Edemir Shimabukuro


Orientador(a) / INPE / São José dos Campos - SP

Dr. Antonio Roberto Formaggio


Orientador(a) / INPE / SJC Campos - SP

Dr. Getúlio Teixeira Batista


Convidado(a) / UNITAU / Taubaté - SP

Dr. Alfredo José Barreto Luiz


Convidado(a) / EMBRAPA / Jaguariúna - SP

Este trabalho foi aprovado por:

() maioria simples

☒ unanimidade

Aluno (a): Adalberto Koiti Miura

São José dos Campos, 14 de março de 2012

*“Cada um cumpre o destino que lhe cumpre,
e deseja o destino que deseja;
Nem cumpre o que deseja,
Nem deseja o que cumpre.”*

*Ricardo Reis,
heterônimo de Fernando Pessoa (1933).*

*Dedico a meus pais, Takashi (in memoriam) e Angelina,
a minha esposa Gisele e a meus filhos, Amália e Thales,
pela base, amor, força e inspiração de sempre.*

AGRADECIMENTOS

Aos Orientadores:

- Dr. Yosio Edemir Shimabukuro e Dr. Antônio Roberto Formaggio pelas orientações, ensinamentos, dicas, estímulo e, principalmente, amizade.

Às Instituições:

- Embrapa Clima Temperado por ter permitido e proporcionado a participação em um programa de pós-graduação, bem como pelo suporte técnico, financeiro e de infraestrutura física;
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE/MCTI - pelo suporte técnico e de infraestrutura física proporcionada para a execução desta tese, bem como pelo ambiente de trabalho;
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP - pelo auspício financeiro que viabilizou a realização desta tese (Processo FAPESP N° 2009/01828-7).

Aos Pesquisadores e funcionários do INPE:

- Dr. Bernardo F.T. Rudorff (DSR) - pelas importantes sugestões e comentários durante a fase de qualificação e de proposta de tese ;
- Dra. Cláudia M. de Almeida (DSR) - pelas importantes sugestões e comentários durante a fase de qualificação, de proposta da tese e também pelas importantes dicas e papers;
- Dr. José Demísio S. da Silva (LAC), *in memoriam* - pelas sugestões para a proposta de tese;
- Sr. Vanderlim Araújo Bastos (DGI) - pela rasterização de mapas para a tese;
- Funcionários da Secretaria da PG-SERE (Vera, Etel, Valéria, Lucas e Laís) pela presença, suporte e simpatia;
- Demais pesquisadores e funcionários do INPE que de alguma forma contribuíram para a execução desta tese.

Aos Pesquisadores:

- Dra. Patrizia Tenerelli (Università degli Studi di Bari, Itália) pelos comentários e *papers* gentilmente enviados;
- Dr. João Bana-Costa (Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal) por dicas ao *software M-Macbeth*;
- MSc. Cíntia L. Vilas Boas (CPRM - Serviço Geológico do Brasil) pelos *papers* gentilmente enviados;
- Dr. Marcos Amatucci (Escola Superior de Propaganda e Marketing de São Paulo – ESPM), pelos papers gentilmente enviados;
- Dr. Stephen Fraser (CSIRO, Exploration and Mining, Brisbane - Australia) pelos comentários, dicas ao *software* SiroSOM e papers gentilmente enviados;
- Dr. Sergio Delmar dos Anjos (Embrapa Clima Temperado) pelas conversas, dicas, *papers* e amizade;
- Dr. Alfredo José Barreto Luiz (Embrapa Meio Ambiente) e Dra. Aline de Holanda Nunes Maia (Embrapa Meio Ambiente) pelas valiosas contribuições estatísticas a esta tese.
- Dra. Luciana Soler, pelas dicas, comentários e *papers* gentilmente enviados;
- Dr. Fernando Bação (Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal), por dicas ao *software* GeoSOM.

Aos Bibliotecários:

- do INPE e da Embrapa pelo pronto auxílio e inestimável busca dos muitos *papers* utilizados nesta tese.

Aos Informantes:

- Produtores rurais, representantes da indústria, pesquisadores e docentes, que gentilmente colaboraram com este trabalho, prestando valiosas contribuições durante as entrevistas na fase de campo.

Aos Amigos

- Silvia Cristina de Jesus – conselhos, dicas, conversas e amizade;
- Marcos Adami – conselhos, dicas, conversas, churrascos e amizade;
- Ericson H. Hayakawa – Conversas e amizade;
- Vagner A. Martins – Dicas estatísticas, conversas e amizade;
- Rafael Paes – pelas conversas e amizade;
- Arimatéa de Carvalho Ximenes e Gustavo Felipe Balué Arcoverde pelas dicas sobre o SOM e amizade;
- E demais amigos e colegas, em especial os da EMBRAPA e do INPE, pelos auxílios recebidos, suporte emocional, conversas e amizades;

Aos Familiares:

- Minha esposa Gisele, minha filha Amália e meu filho Thales, pela compreensão, suporte emocional e carinho de sempre;
- Meus pais, Takashi (*in memoriam*) e Angelina, e meus sogros, Moraes e Ruth (*in memoriam*), pelo carinho, apoio e confiança;
- Ao “Dindo” Lessa que sempre que possível se fez presente, por sua ajuda e cumplicidade nos trabalhos de campo e fraternal amizade.

A N.Sra. da Conceição Aparecida...

pela constante presença e intercessão.

A Jesus...

pela constante presença e inspiração.

RESUMO

O uso de biomassa para fins energéticos tem pautado a agenda dos setores governamentais e privados por sua rápida resposta à segurança energética e sua potencialidade na mitigação das mudanças climáticas pela substituição à matriz fóssil, assim como pelas virtuais oportunidades de negócios e lucros. Entretanto, há que se pesar a adequabilidade e conveniência da conversão das terras agricultáveis e/ou expansão das fronteiras agrícolas para investimentos em agroenergia, não somente sob a perspectiva econômica e agrônômica, mas também com vistas à sustentabilidade ambiental e social. A presente Tese tem por objetivo apresentar um método semiautomático e objetivo para identificação de áreas potenciais prioritárias à produção de insumos à agroenergia, baseado em geotecnologias e no uso da rede neural SOM, realizada em diferentes instâncias (Área de Potencial Primário à Agroenergia/APPA, Áreas de Potencial Disponível à Agroenergia/APDA e Áreas de Potencial Ajustado à Agroenergia/APAA), com o propósito de melhor subsidiar o processo decisório sobre a conversão das terras. O método foi aplicado em 40 municípios de três Microrregiões do Rio Grande do Sul (Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa). O uso e cobertura das terras desta área indicou um predomínio da atividade agropecuária (90%), na qual a agricultura temporária representa 65% do território estudado e enquanto que os campos e pastagens recobrem 25% da região e os remanescentes florestais estão reduzidos a 8,5%. A APPA permite uma visão rápida, expedita sobre quais os territórios apresentam algum potencial agroenergético; sob este critério 71,7% do território estudado atenderam a este quesito, sendo 52% de áreas Próprias, 16,5% Próprios com Manejo Conservacionista e 2,5% Próprios exclusivamente para Florestas Energéticas. As APDA consideram apenas os territórios que estejam em consonância aos limites ambientais, legais e institucionais; 67,5 % do território analisado atenderam a esta premissa (49,9% de áreas Próprias, 15,3% Próprios com Manejo Conservacionista e 2,3% Próprios exclusivamente para Florestas Energéticas). Deste modo, as microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa possuem respectivamente 54,3 % (1.254,84 km²), 61,2% (2143,09 km²) e 72,8% (7694,77 km²) de territórios tidos como aptos e disponíveis ao cultivo energético. Ao se avaliar as APAA, apenas 46,11% (7.579,52 km²) da área de estudo foram enquadradas como de alto potencial para o uso agroenergético e, portanto, consideradas prioritárias para conversão à agroenergia. As microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa possuem respectivamente 45,66% (1.161,36 km²), 52,07% (1.796,03 km²) e 44,26% (4.622,13 km²) de territórios com alto potencial, considerados prioritários para a conversão. Os resultados obtidos foram aferidos pelo emprego da técnica de *bootstrap* não paramétrico a qual atestou uma forte evidência da consistência do método empregado.

IDENTIFICATION OF THE POTENTIAL AREAS FOR BIOMASS CROPS FOR BIOENERGY PRODUCTION BASED ON GEOTECHNOLOGIES

ABSTRACT

The use of biomass for energy purposes has been an important issue on the agendas of the governmental and private sectors. This is due to the rapid response of these renewable sources for the energy security and its potential in mitigating climate change by replacing the fossil matrix, as well as by the virtual business and profits opportunities. However, there must ponderate the suitability and convenience of the conversion of arable land and/or agricultural frontier expansion for the investment in agroenergy, not only in economic and agronomic point of view, but also with the commitments with environmental and social sustainability. The present Thesis aims to present a semi-automatic and objective method to identify potential priority areas for the production of inputs to the agroenergy, based on geotechnologies supported by SOM neural network, performed in different instances (Primary Potential Area for Agroenergy/APPA, Available Potential Areas for Agroenergy/APDA and Adjusted Potential Areas of Agroenergy/APAA), with the purpose to better support decision making on land conversion. The method was applied in 40 municipalities located in three Microregions (Cerro Largo, Santo Ângelo and Santa Rosa) of Rio Grande do Sul state. The land use and land cover of this area indicated a predominance of agricultural activity (90%), in which the temporary agriculture represents 65% of the territory studied, while the grasslands and pastures cover 25% of the region and the forest fragments are reduced to 8.5%. The APPA enables a synoptic quick view on the territories which have some potential for agroenergy, under this criteria 71.7% of the studied territory was considered as suitable for energy crops; 52%, of areas was considered as suitable; 16.5 % was considered suitable with conservation management; and 2.5% suitable exclusively for energy forests. The APDA consider only those areas which are according to the environmental, legal and institutional constraints. Thus, 67.5% of the territory attended this premise (49.9% suitable areas; 15.3% suitable with conservation management; and 2.3% suitable exclusively for energy forests). In that manner, the Cerro Largo, Santo Ângelo and Santa Rosa microregions have 54.3% (1,254.84 km²), 61.2% (2,143.09 km²) and 72.8% (7,694.77 km²), respectively, of the territory considere as suitable and available for energy crops. When evaluating the APAA, only 46.11% (7,579.52 km²) of the study area were classified as high potential for agroenergy use and therefore considered priority areas for conversion to bioenergy crops. The Cerro Largo, Santo Ângelo and Santa Rosa microregions have 45.66% (1,161.36 km²), 52.07% (1,796.03 km²) and 44.26% (4,622.13 km²) respectively, of the

territories with high potential, considered for the land conversion conversion priority. The results were evaluated by use of nonparametric bootstrap technique which attested a strong evidence of the consistency of the employed method.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 2.1 – Composição da matriz energética mundial e brasileira	14
Figura 2.2 – Tipos de energia quanto à sua renovabilidade.....	16
Figura 2.3 – Evolução da produção de Bioetanol – Brasil e EUA – 2000/2001 à 2011/2012	21
Figura 2.4 – Produção Nacional de Biodiesel. Período 2005-2011	23
Figura 2.5 – Níveis do Planejamento Territorial	25
Figura 2.6 – Integração de métodos e ferramentas visando subsidiar o planejamento agroenergético territorial.	30
Figura 2.7 – O neurônio biológico e o neurônio artificial.	34
Figura 2.8 – Exemplo de Rede Neural Artificial de duas camadas com quatro entradas e duas saídas	35
Figura 2.9 – Topologia do SOM: treliça de nós neuronais.....	38
Figura 3.1 – Área de Estudo, correspondendo a 40 municípios das Microrregiões de Cerro Largo (em amarelo claro), Santa Rosa (em rosa) e Santo Ângelo (em azul), no noroeste do Rio Grande do Sul.	40
Figura 3.2 – Fluxograma dos procedimentos a serem realizados na pesquisa proposta.	45
Figura 3.3 – Definição da amostra de pontos, a partir de casualização sobre <i>buffer</i> da malha viária.	50
Figura 4.1 – Modelo conceitual de planejamento agroenergético regional.	56
Figura 4.2 – Os diferentes níveis de potencialidade de áreas aptas à agroenergia	58
Figura 4.3 – Pontos visitados durante os trabalhos de campo na microrregião de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa (RS).	61
Figura 4.4 – Principais usos e coberturas na microrregião de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa (RS).....	62

Figura 4.5 – Uso e cobertura da terra <u>predominante</u> , por quadrantes da área de estudo.	63
Figura 4.6 – Análise de série temporais de imagens MODIS, por meio de análise de componentes principais, para as microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa (RS)	67
Figura 4.7 – Mapa de uso das terras, para as microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa (RS).....	68
Figura 4.8 – <i>Área de Potencial Primário à Agroenergia</i> das microrregiões sulriograndenses de Santa Rosa, Santo Ângelo e Cerro Largo..	72
Figura 4.9 – <i>Área de Potencial Disponível à Agroenergia</i> das microrregiões sulriograndenses de Santa Rosa, Santo Ângelo e Cerro Largo.	75
Figura 4.10 – <i>Área de Potencial Ajustado à Agroenergia</i> das microrregiões sulriograndenses de Santa Rosa, Santo Ângelo e Cerro Largo.).	80
Figura 4.11 – Áreas de Potencial Ajustado à Agroenergia (APAA) de três microrregiões do Noroeste do Rio Grande do Sul. Alto Potencial por município e área cultivada com espécies potencialmente energéticas (IBGE, 2010).	85
Figura 4.12 – Relação entre área cultivada (AREA) e as Áreas de Potencial Ajustado à Agroenergia (APAA) para os municípios de três Microrregiões do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.	87

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 2.1 – Produção de Bioetanol – Brasil e EUA – 2000/2001 a 2011/2012. .	21
Tabela 3.1 – Regras de decisão para a definição das <i>Áreas de Potencial Primárias e Disponíveis à Agroenergia</i>	52
Tabela 4.1 – Classes de uso e cobertura da terra para as microrregiões de Cerro largo, Santo Ângelo e Santa Rosa (RS).	68
Tabela 4.2 – Matriz de erros (tabela de contingência) para as microrregiões de Cerro largo, Santo Ângelo e Santa Rosa (RS), ano/safra 2008/2009.	70
Tabela 4.3 – Quantificação das <i>Áreas de Potencial Primário à Agroenergia</i> para as microrregiões de Cerro largo, Santo Ângelo e Santa Rosa (RS).	72
Tabela 4.4 – Quantificação das <i>Áreas de Potencial Disponível à Agroenergia</i> para as microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa (RS).	74
Tabela 4.5 – <i>Áreas de Potencial Disponível à Agroenergia</i> por município, para as microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa (RS).	77
Tabela 4.6 – Diferença entre as <i>Áreas de Potencial Natural à Agroenergia</i> e as <i>Áreas de Potencial Disponível à Agroenergia</i> para as microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa.	79
Tabela 4.7 – Quantificação das <i>Áreas de Potencial Ajustado à Agroenergia (APAA)</i> para as microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa (RS).	81
Tabela 4.8 – Relação entre as <i>Áreas de Potencial Disponível à Agroenergia (APDA)</i> e das <i>Áreas de Potencial Ajustado à Agroenergia (APAA)</i> para as microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa (RS).	81

Tabela 4.9 – Áreas de Potencial Ajustado à Agroenergia (APAA) por município, para as microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa (RS).	82
--	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

1ª DL/DSG/MEX – 1ª Divisão de Levantamento / Diretoria de Serviço Geográfico / Ministério do Exército

AHP – *Analitic Hierachy Process* – Processo (ou método) Analítico Hierárquico

AMC – Análise Multicritério

ANA – Agência Nacional de Águas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ANP – Agência Nacional do Petróleo

APDA – Área de Potencial Disponível à Agroenergia

APEA – Área de Potencial Efetivo à Agroenergia

APP – Área de Proteção Permanente

APPA – Área de Potencial Primário à Agroenergia

CBERS – Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres

CGIAR/CSI – *Consultative Group on International Agricultural Research / Consortium for Spatial Information* – Grupo Consultivo para Pesquisa Agrícola Internacional / Consórcio para a informação Espacial

CH₄ – Metano

CIE – Comércio Internacional de Emissões

CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

CO₂ – Gás Carbônico

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Serviço Geológico do Brasil)

EMATER/RS – Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ETM+ – *Enhanced Thematic Mapper Plus* – Mapeador Temático Aprimorado

EVI – *Enhanced Vegetation Index* – Índice de Vegetação Aprimorado

FAMURS – Federação das Associações de Municípios do Rio Grande do Sul

FAO – *Food and Agriculture Organization of the United Nations* – Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação

FBZ – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul

FEE – Fundação de Economia e Estatística do Rio Grande do Sul

FEPAGRO – Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (RS)

FURG – Fundação Universidade Federal do Rio Grande

GEE – Gás Efeito Estufa

GPS – *Global position system* – Sistema de posicionamento global

GRFA – *Global Renewable Fuels Alliance* – Aliança Global para Combustíveis Renováveis

IA – Inteligência Artificial

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICLEI – *International Council for Local Environmental Initiatives* – Conselho Internacional para as Iniciativas Ambientais Locais

IEA – *International Energy Agency* – Agência Internacional de Energia

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change* – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada

LANDSAT – *Land Remote Sensing Satellite System* – Satélite de Sensoriamento Remoto Terrestre

MACABETH – *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MODIS – *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* – Espectrorradiômetro de Imageamento de resolução moderada

NASA – *National Aeronautics and Space Administration* – Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço (EUA)

NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index* – Índice de Vegetação de Diferença Normalizada

NOAA – *National Oceanic and Atmospheric Administration* – Administração Oceânica e Atmosférica Nacional

OPEP – Organização dos Países Exportadores de Petróleo

PI – Plano de Informação

PNPB – Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel

PROÁLCOOL – Programa Nacional do Alcool

PRO-ÓLEO – Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos

RADAMBRASIL – Projeto RADAM (Radar na Amazônia) ampliado para a totalidade do Território Brasileiro

RFA – *Renewable Fuels Association* – Associação de Combustíveis Renováveis.

RNA – Rede Neural Artificial

SAA – Secretaria Estadual de Agricultura, Pecuária e Agronegócio

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Pequenas e Médias Empresas

SID – Serviço de Informação e Documentação

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SOM – *Self-Organizing Map* – Mapas auto-organizáveis

SPG – Serviço de Pós-Graduação

SR– Sensoriamento Remoto

SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission* – Missão Topográfica por Radar
Ônibus Espacial

TDI – Teses e Dissertações Internas

TM – *Thematic Mapper* – Mapeador Temático

UC – Unidade de Conservação

UFPEL – Universidade Federal de Pelotas

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFSM – Universidade Federal de Santa Maria

UNFCCC – *United Nations Framework Convention on Climate Change* –
Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas.

UNFPA – *United Nations Population Fund* – Fundo de População das Nações
Unidas.

UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul

UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos

UPF – Universidade de Passo Fundo

USGS – *United States Geological Survey* – Serviço Geológico dos Estados
Unidos da América

UTM– Sistema Universal Transverso de Mercator

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1	INTRODUÇÃO 1
1.1.	Definição do problema 2
1.2.	Hipótese 5
1.3.	Objetivos 5
1.3.1.	Geral 5
1.3.2.	Específicos 5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 7
2.1.	Sustentabilidade ou insustentabilidade 7
2.2.	Mudanças climáticas globais 9
2.3.	A conjuntura energética 12
2.4.	Energia renovável 15
2.5.	Bioenergia e biocombustíveis 16
2.6.	A agricultura de energia do Brasil 19
2.7.	Planejamento Territorial 23
2.7.1.	Ordenamento Territorial 25
2.7.2.	Zoneamento Territorial 26
2.7.3.	Áreas (Territórios) Potenciais 27
2.8.	Planejamento Agroenergético Baseado em Geotecnologias 28
2.9.	Inteligência Artificial 32
2.9.1.	Redes neurais artificiais 33
2.9.2.	Rede Neural de Mapas Auto-Organizáveis de Kohonen (SOM) ... 36
3	MATERIAL E MÉTODOS 39
3.1.	Área de estudo 39

3.1.1.	Clima	41
3.1.2.	Relevo	41
3.1.3.	Solos	41
3.1.4.	Vegetação / ambiente natural.....	42
3.1.5.	Estrutura produtiva	42
3.2.	Procedimentos	44
3.2.1.	Construção do Banco de Dados Geográficos e Estruturação de Planos de Informação em SIG	44
3.2.2.	Mapa de uso das terras.....	47
3.2.2.1.	Dados Orbitais Terra/MODIS e Landsat/TM e ETM+	47
3.2.2.2.	Processamento Digital de Imagens.....	48
3.2.3.	Trabalho de campo	49
3.2.3.1.	Fase de campo para o geoprocessamento	49
3.2.3.2.	Fase de campo para entrevistas	50
3.2.4.	Obtenção da Área de Potencial Primário à Agroenergia (APPA) ..	51
3.2.5.	Obtenção da Área de Potencial Disponível à Agroenergia (APDA)	52
3.2.6.	Obtenção da Área de Potencial Ajustado à Agroenergia (APAA) .	53
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
4.1.	Modelo conceitual de planejamento agroenergético regional	55
4.2.	Potencial agroenergético das terras.....	58
4.3.	Panorama agroenergético atual (impressões sobre o trabalho de campo e das entrevistas)	60
4.4.	Mapa de uso das terras.....	66
4.5.	Área de Potencial Primário à Agroenerg-a - APPA	71
4.6.	Área de Potencial Disponível à Agroenerg-a - APDA.....	73

4.7.	Área de Potencial Ajustado à Agroenerg-a -APPA.....	79
5	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	89
	REFERÊNCIAS	93

1 INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico das populações humanas em conjunto com o avanço tecnológico vivenciado das últimas décadas tem propiciado o desenvolvimento de nações e estimulado uma sociedade na qual o consumo de bens e serviços é crescente. Como consequência, há um progressivo aumento na demanda por energia, alimentos e matérias-primas, o que resulta em uma e intensa pressão sobre o meio ambiente, não apenas localmente, mas também de modo global.

A energia proveniente da biomassa cultivada (agroenergia) recentemente ganhou grande destaque como fonte renovável de energia, não só no Brasil, mas mundialmente, devido aos impactos da última crise do petróleo (2007-2008) e aos temores de que as mudanças climáticas e ambientais sejam irreversíveis.

Um aumento da oferta de bioenergia na matriz energética global poderia reduzir o uso de combustíveis fósseis, contribuindo consequentemente para a segurança energética dos países durante o período de transição do atual modelo energético para modelos mais eficientes, limpos, socialmente aceitáveis e de menor impacto sobre as emissões dos gases de efeito estufa.

No passado, a humanidade foi beneficiada pela “revolução verde”¹ na agricultura ao derrubar paradigmas malthusianos. Porém, presentemente, a conjuntura global apresenta novos desafios ao setor rural, relacionados à sustentabilidade econômica, social, ambiental e à segurança alimentar.

Desta forma, uma nova “revolução verde” é requerida, na qual é prioritário o atendimento das necessidades alimentares para uma população crescente,

¹ Refere-se ao grande aumento da produção agrícola mundial, principalmente durante as décadas de 1960 e 1970, devido ao emprego de tecnologias na agricultura, como melhoramento genético, mecanização, novos insumos e métodos de manejo (ANDREATTA et al., 2009; EVENSON; GOLLIN, 2003).

simultaneamente a contínua oferta de matéria-prima à indústria de bioenergia, de forma ambientalmente sustentável.

Entretanto, também é necessário dirimir, ou ao menos minimizar, as controvérsias sobre a sustentabilidade econômica, riscos ambientais e à segurança alimentar, bem como os conflitos sociais no campo, decorrentes dos investimentos em agroenergia. Principalmente para se evitar restrição de territórios importantes para os cultivos de biomassa energética e, conseqüentemente, limitar a expansão da produção e uso de biocombustíveis (KHANNA et al., 2010).

Para isto é necessário que a agroenergia esteja contemplada em estudos macroeconômicos e nos planejamentos energético e territorial, pois, segundo Ramachandra (2009), somente quando as necessidades energéticas estão integradas às limitações ambientais em nível local e global é possível alcançar o desenvolvimento sustentável para uma região.

Por este motivo, a abordagem sistêmica e integradora oferecida pelos ambientes de geoinformação, tem sido amplamente utilizada para responder as demandas relativas ao planejamento bioenergético (FIORESE; GUARISO, 2010; GRAHAM et al., 2000; ZHANG et al., 2011), pois representa uma das mais completas formas de análise para estes problemas ao permitir que diferentes variáveis possam ser relacionadas e visualizadas tanto espacialmente como temporalmente, possibilitando também a simulação de cenários. Estas vantagens também podem ser empregadas, no contexto bioenergético brasileiro, como importante subsídio à tomada de decisão por parte de gestores territoriais, agrários e energéticos.

1.1. Definição do problema

O uso de biocombustíveis para a movimentação de veículos automotores fabricados em série no Brasil, remonta a meados da década de 1970, fruto de programas governamentais de segurança energética, como o PROÁLCOOL

(ANDRIETTA et al., 2006) e PRO-ÓLEO (SUAREZ; MENEGHETTI, 2007). Contudo, no final da década de 1980 e ao longo da década de 1990, os biocombustíveis se encontraram em um período de ostracismo devido a um baixo interesse / envolvimento governamental e a uma relativa estabilidade dos preços do petróleo (entre 20 e 30,00 dólares o barril).

Porém, o advento do século XXI trouxe um novo cenário, no qual a economia é globalizada e as nações demandam cada vez mais energia para sociedades ávidas por consumo de bens e serviços. Além disto, as cotações das commodities energéticas não dependem mais apenas do jogo geopolítico mas tornaram-se suscetíveis as instabilidades do mercado econômico e sujeitas a “ataques especulativos”.

Como contraponto, a consciência da finitude dos recursos naturais, as mudanças climáticas globais e o reconhecimento de que a humanidade já imprimiu sua “pegada²” no planeta, convidam governanças, academias e a sociedade em geral a repensar o atual modelo de desenvolvimento, de forma propositiva, ética e sustentável. Este panorama cria ambiente propício para a retomada dos biocombustíveis como uma variante sustentável para a matriz energética.

Paralelamente, o advento dos carros bicomcombustíveis (*flex-fuel*) a partir de 2003 e o estabelecimento do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) em 2004 impulsionaram a demanda pela produção, beneficiamento e utilização dos derivados da biomassa energética. como a biomassa energética.

² Do inglês *human footprint*, que representa o conjunto de impactos decorrentes da presença e das ações humanas sobre o planeta (JANZEN, 1998; SANDERSON et al., 2002). É o somatório da pegada ecológica de toda a população humana. A pegada ecológica é um indicador ambiental criado por Wackernagel (1994) para mensurar a demanda de recursos naturais pelas populações humanas em contraste com a capacidade de regeneração ecológica dos ambientes naturais.

Esta nova oportunidade para o agronegócio brasileiro movimentou intensamente o governo e os empresários para a criação de um ambiente propício a investimentos no setor de agroenergia, contribuindo para que os setores público e privado direcionassem esforços para o desenvolvimento e ampliação das cadeias produtivas para o setor. Como resultado, discussões sobre a disponibilidade de áreas agrícolas para cultivos energéticos, segurança alimentar e ambiental, assim como aspectos sociais relativos à agroenergia ganharam espaço, não somente na mídia como também na academia e centros de pesquisa (NAYLOR et al., 2007; SILVA et al., 2008 TILMAN et al., 2009).

Surge, então, a necessidade de avaliar específica e objetivamente estas questões para propiciar meios de tomadas de decisões e para garantir o melhor equilíbrio entre os vários interesses, porém salvaguardando os remanescentes naturais e os importantes serviços ambientais por estes prestados, bem como as expectativas das populações locais.

Muitas vezes, decisões estratégicas são baseadas em conhecimentos e experiências pessoais, de técnicos e pesquisadores, até mesmo em intuição. Entretanto, nem sempre é possível contar com todos os especialistas necessários, assim como nem sempre se consegue uma avaliação objetiva, isenta ou consensual. Existem vários métodos que auxiliam a tomada de decisão, como as análises multicriteriais, teoria de jogos, construção de cenários em sistemas de informação geográfica, modelagem e simulação, dentre outros.

Neste contexto, uma ferramenta amplamente utilizada para o planejamento territorial e agropecuário é o zoneamento (JOERIN et al., 2001; MONTAÑO et al., 2007). Em especial cita-se o zoneamento agrícola, que indica quais municípios (ou áreas) possuem os atributos pedoclimáticos necessários para o desenvolvimento de culturas, minimizando os riscos. Contudo, estes instrumentos, em geral, não levam em consideração conflitos de uso e

cobertura das terras, tampouco as características naturais e socioeconômicas dos territórios que os qualificam para um determinado uso ou fim, dificultando a tomada de decisão estratégica por parte dos gestores territoriais, agropecuários e investidores.

Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo propor um método para identificação de áreas potenciais adequadas ao cultivo de biomassa energética, com base na análise de características territoriais e agropecuárias em ambiente de geoinformação, que permitam apoiar o processo de decisão entre converter ou não o atual uso e cobertura da terra.

1.2. Hipótese

Geotecnologias, apoiadas por técnicas computacionais, como redes neurais SOM³, são capazes de permitir a identificação de *áreas potenciais prioritárias*⁴ para a expansão da agroenergia numa região de interesse, de forma objetiva, considerando as características intrínsecas ao meio físico regional e as culturas agrícolas agroenergéticas de interesse.

1.3. Objetivos

1.3.1. Geral

Desenvolver um método para identificação de *áreas potenciais prioritárias à produção de insumos à agroenergia*, baseado no uso de geotecnologias e de rede neural SOM.

1.3.2. Específicos

- a) Levantar e organizar dados geográficos, espectrais, socioeconômicos e agropecuários pertinentes ao estudo;

³ Mapas auto-organizáveis de Kohonen – Kohonen's Self-Organizing Maps

⁴ A definição de *potencial prioritário à agroenergia* consta na página 60.

- b) Levantar o uso e a ocupação atual das terras por meio de sensoriamento remoto e de geotecnologias;
- c) Estruturar um banco de dados geográficos em ambiente SIG contendo os planos de informações referentes ao descrito pelos itens (a) e (b) e integrar estas informações para determinar, na região em estudo, as áreas com *potencial primário*⁵ à *agroenergia*.
- d) Determinar as *áreas com potencial disponível*⁶ à *agroenergia*, considerando as restrições ambientais e legais;
- e) Obter as *áreas de potencial ajustado*⁷ à *agroenergia* com o uso de redes neurais SOM.

⁵A definição de *potencial primário à agroenergia* consta na página 58.

⁶A definição de *áreas de potencial disponível à agroenergia* consta na página 58.

⁷A definição de *área potencial ajustado à agroenergia* consta na página 58.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sustentabilidade ou insustentabilidade

O conceito de sustentabilidade mais amplamente aceito, segundo MME (2008a) refere-se à “conciliação do desenvolvimento com a conservação ambiental e a construção da equidade social”. Os termos sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, apesar de apresentarem acepções distintas (BARONI, 1992), são muitas vezes usados como sinônimos de ecodesenvolvimento⁸. O atual sentido de sustentabilidade, consagrado pelo uso, é decorrente do que foi preconizado no “Relatório de Brundtland”, no qual uso sustentável dos recursos naturais deve prover as necessidades presentes sem afetar o direito das gerações futuras fazê-lo (CMMAD 1991), cuja definição evidencia um de seus princípios básicos, a visão de longo prazo (CLARO et al., 2008).

O conceito de sustentabilidade está apoiado na necessária coexistência e equilíbrio entre dimensões ou contextos (ICLEI, 1996; RUTHES, 2007) aparentemente antagônicos: a) social – equidade, oportunidades de educação e emprego, melhor distribuição de renda, direito à saúde e qualidade de vida; b) econômica – investimentos públicos e privados comprometidos com lucro responsável, conservação dos recursos naturais e com justiça social, desenvolvimento regional equilibrado; c) ecológica – uso racional dos recursos naturais, proteção ambiental, consumo consciente, energias renováveis, redução de poluentes e resíduos. Sachs (1993) acrescenta ainda outras duas dimensões: d) cultural – refere-se ao respeito que deve ser dado às diferentes culturas e às suas contribuições para a construção de modelos de desenvolvimento apropriados às especificidades de cada ecossistema, cada cultura e cada local; e) espacial dirigida para a obtenção de uma configuração

⁸ Utilizado pela primeira vez por Maurice Strong. Foi reelaborado por Ignacy Sachs, ganhando o significado atual, porém foi substituído pela expressão desenvolvimento sustentável, utilizada no Relatório Brundtland (1987), com o mesmo significado (DUARTE; WEHRMANN, 2002).

rural-urbana mais equilibrada e melhor distribuição territorial dos assentamentos humanos e das atividades econômicas.

No entanto, crises econômicas internacionais, como a atual, são grandes ameaças à sustentabilidade (FERRER; CRUZ, 2008), com repercussões importantes para o meio ambiente, segurança alimentar, energética e financeira no Planeta. Com a população mundial atingindo a marca de 7 bilhões de pessoas em 2011 (UNFPA, 2011), a pressão sobre os recursos naturais, energia e alimentos tende a aumentar (BLOOM, 2011).

Diante deste cenário, é inevitável recordar a Teoria de Malthus⁹, a qual observa o descompasso entre o acelerado crescimento populacional (progressão geométrica) e a lenta capacidade de provimento de subsistência (progressão aritmética) (MALTHUS, 1996), cuja veracidade inviabilizaria a humanidade e seu futuro.

Ao avaliar a situação ambiental mundial, Löwi (2009) observa que a humanidade vem estabelecendo uma relação cada vez mais predatória com a natureza. E, nestes momentos de turbulência econômica e insegurança alimentar e energética, o ser humano tende a satisfazer inicialmente suas necessidades mais elementares¹⁰ em detrimento de conceitos mais nobres como equidade social e conservação ambiental (FREI, 2004). Pois o indivíduo ou o grupo humano só pode mover-se para um nível mais elevado quando suas necessidades mais básicas forem atendidas (MASLOW, 1943).

Deste modo, a crise ecológica está diretamente relacionada a aspectos socioeconômicos e políticos (DUARTE; WEHRMANN, 2002). Por outro lado é uma oportunidade de mudança em direção à conciliação dos interesses

⁹“Um Ensaio sobre o Princípio de População” (MALTHUS, 1996) foi publicado anonimamente em 1798, em plena revolução industrial.

¹⁰ A "hierarquia das necessidades" de Maslow é composta por cinco necessidades fundamentais, listadas por ordem de prioridade: fisiológicas, segurança, amor, estima, e auto-realização (MASLOW, 1943)

econômicos, sociais e ambientais com vistas à sustentabilidade e qualidade de vida (LASH, 2009).

2.2. Mudanças climáticas globais

As mudanças climáticas são eventos recorrentes no comportamento do Planeta Terra. Suas principais causas são de ordem geológica e astronômica (solar, principalmente) e explicam a alternância entre os ciclos de aquecimento (períodos de calor intenso) e resfriamento (períodos de frio extremo, glaciações) ao longo do passado geológico deste Planeta (ALDEN, 2005; EEROLA, 2003; JONES; MANN, 2004). Há uma convergência entre os cientistas que os aumentos da temperatura do Planeta estão relacionados com o aumento das emissões e concentrações de gases de efeito estufa (GEE), principalmente CO₂ (dióxido de carbono) e CH₄ (metano) na atmosfera (IPCC 2007).

O efeito estufa é um fenômeno natural, de ordem física, no qual os gases atmosféricos exercem papel dual, sendo transparentes (janela atmosférica) aos comprimentos de onda relativos à faixa do visível do espectro eletromagnético e opaco aos comprimentos de onda relativos à faixa do infravermelho termal (ondas-longas), fazendo com que a Terra mantenha uma temperatura de equilíbrio maior, admitindo a luz visível, essencial para as plantas e apreendendo o calor em um processo denominado forçamento radiativo. Este fenômeno é o principal responsável pelas condições ambientais que sustentam as formas de vida do Planeta. Porém, devido à contribuição antropogênica aditiva, é considerado o forçamento climático de maior importância pela perturbação no balanço energético da Terra com o espaço exterior (BARKER; ROSS, 1999; HANSEN et al., 2000; HANSEN; SATO, 2001; PARANÁ, 2007; PARSONS, 1995).

A partir da Revolução Industrial (por volta de 1750), período marcado por mudanças profundas na sociedade e nos processos produtivos, as concentrações de gases de efeito estufa (GEE) começaram a aumentar. A

análise histórica dos registros climáticos e a interpretação qualitativa e quantitativa de gases em testemunhos de gelo coletados em diferentes regiões da criosfera, sendo inevitável a correlação deste aquecimento global (associado às forçantes radiativas) com as atividades humanas, com um nível muito alto de confiança (IPCC, 2001; 2007).

Porém, não são apenas os combustíveis fósseis que têm contribuído para a elevação dos níveis de CO₂ (e demais GEE) na atmosfera. A mudança de uso e cobertura da terra também está ligada a estas estatísticas, principalmente no que concerne à conversão de florestas e de áreas úmidas para atividades agropecuárias ou expansão urbana, pois estes processos normalmente envolvem desmatamento, queimadas e preparo do solo, também responsáveis pela liberação de GEE para a atmosfera (IPCC, 2001).

Segundo Nobre et al. (2007), a partir do Relatório da Quarta Avaliação do IPCC, há maior certeza nas projeções dos padrões de aquecimento e de outras características de escala regional, como precipitação, padrões de vento, gelo e intensificação de eventos extremos. Os impactos significativos decorrentes das alterações climáticas sobre os ambientes em escala global submetem a humanidade a sérios riscos, principalmente para os grupos mais suscetíveis que não dispuserem de meios para enfrentar ou se adaptar a tais mudanças (CARMO, 2007).

As mudanças de clima podem afetar os organismos tanto diretamente, por estresse fisiológico, como indiretamente, pela mudança da relação entre as espécies e destas com o ambiente (HARLEY, 2011). A produção de alimentos, que dentre todos os setores econômicos, é o mais sensível às alterações das condições ambientais (HAMADA et al., 2006). Cabe salientar que é prevista não apenas a elevação das temperaturas médias, mas, também, a alteração na variância térmica, com reflexos nas temperaturas máximas e mínimas. Como consequência pode haver um aumento de eventos climáticos extremos de importância agrônômica, como verões ou invernos excepcionalmente chuvosos

ou secos, excessivamente quentes ou frios (YOUNG; STEFFEN, 2007), ameaçando a segurança alimentar global.

Como tentativa de minimizar os impactos das mudanças climáticas, de forma que a humanidade possa ganhar tempo para se preparar para elas, em 1997 foi estabelecido o Protocolo de Quioto, que entrou em vigor em 2005 (UFNCCC, 2007). Este acordo, com obrigações e metas a serem cumpridas por países industrializados e da comunidade europeia, almejava reduzir as emissões de GEE em 5,2%, em relação às emissões de 1990 (MARTINS, 2006), durante o primeiro período de compromisso (2008 – 2012), através da implantação de mecanismos de flexibilização (UFNCCC, 2008), como o CIE (Comércio Internacional de Emissões) e o MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo), os quais permitem que o mercado auxilie o processo de redução de GEE, por meio da criação de um valor transacionável (e.g. Créditos de Carbono) para essas reduções (SISTER, 2007).

Segundo Weaver (2011), o entendimento científico sobre os ciclos do carbono e do metano e os efeitos radiativos da fuligem pouco progrediram desde a entrada em vigor do Protocolo de Quioto, assim como as metas de redução de emissão de GEE foram totalmente ignoradas. Isto porque para as nações que não aderiram ao protocolo e para aquelas que não se esforçaram para o cumprimento de metas, é difícil pagar o custo da redução das emissões enquanto os benefícios são compartilhados por todas as demais nações (RAIHANI; AITKEN, 2011), inclusive países emergentes, como China, Índia e Brasil, aumentaram substancialmente suas emissões (DIRINGER, 2011).

Entretanto, as vésperas do primeiro período de compromisso expirar (2012), o Protocolo de Quioto ganha uma sobrevida com a renovação de sua vigência até 2017 (NOVAES, 2011). Esta é uma espécie de meia-medida para ganhar tempo e para construir mais uma alternativa.

Entretanto, o nível de emissões de GEE já aumentou em 50%, desde 1992, significando que há riscos de uma expansão de “eventos climáticos extremos”

se o aumento da temperatura da Terra ultrapassar 2°C (já aumentou 0,8°C) (GOLDEMBERG, 2011; NOVAES, 2011). O Protocolo de Quioto é uma ousada tentativa de combate às alterações climáticas, mas ainda há muito a ser feito, e o segundo período de compromisso é uma oportunidade de correção da rota (DIRINGER, 2011).

2.3. A conjuntura energética

A preocupação com a segurança energética remonta à década de 1970, por ocasião da “1ª Crise do Petróleo”, quando os países membros da OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo) decidiram impor um aumento de 300% nos preços do petróleo, em represália ao apoio dos Estados Unidos a Israel na ocupação dos territórios palestinos durante a guerra do *Yom Kippur*¹¹ (GOLDENSTEIN; AZEVEDO, 2006; SHIKIDA; BACHA, 1999). Desde então, os países consumidores buscam alternativas energéticas à dependência de petróleo importado.

Como resposta a esta crise, o governo brasileiro criou, em 1975, o Programa Nacional do Álcool – PROÁLCOOL (ANDRADE et al., 2009; SHIKIDA; BACHA, 1999), que em nome da soberania nacional, contribuiu para redução dos impactos econômicos da importação de petróleo e derivados, para a segurança energética e, por consequência, para o fortalecimento geopolítico do Brasil.

Inicialmente, este programa sofreu muitas críticas. Entretanto, passadas pouco mais de 12old décadas, permitiu ao governo brasileiro colher os méritos de sua implementação (ANDRIETTA et al., 2006), graças principalmente aos preços que as *commodities* petrolíferas alcançaram recentemente (2008), às atuais preocupações referentes às mudanças climáticas e ao advento dos carros bicomcombustíveis (*flex-fuel*).

¹¹ Dia do Perdão. A guerra do *Yom Kippur* também conhecida como Guerra Árabe-Israelense de 1973 (WIKIPEDIA, 2011).

A crise recente do petróleo (2007-2008), ao contrário das precedentes¹², não foi motivada por um iminente colapso na produção de energia ou por conflitos bélicos ou geopolíticos, mas sim por um forte movimento especulativo sobre as *commodities* energéticas (petróleo, carvão, gás, etc.) e pelo baixo nível dos estoques mundiais (MME, 2008a). Segundo Jafelice (2000), os valores transacionais destes produtos primários não seguem apenas a lei da oferta e procura, mas também estão à mercê de uma série de instrumentos financeiros extremamente sensíveis a movimentos da conjuntura internacional. Deste modo, a valorização destas *commodities* também influencia os contratos futuros de créditos de carbono e as posições em mercados agrícolas, com consequente elevação no preço dos alimentos.

Para WALISIEWICZ (2008), a energia só é útil se estiver no lugar certo, na forma correta, na hora certa. A humanidade é totalmente dependente dos recursos energéticos e boa parte do mundo civilizado simplesmente pararia na sua ausência. Do total de energia produzida, cerca de 25% é usada no transporte, 35% movimenta as indústrias e cerca de 33% atende o setor de serviços e residências (IEA 2008). Desta forma, segundo BARROS (2007), a função dos recursos energéticos não é apenas utilitária, hedônica, econômica ou tecnológica, mas também geopolítica, pois “quem controla a energia, dá as cartas no mundo globalizado”.

A matriz energética mundial é fortemente dependente de fontes de carbono fóssil, cerca de 80%, e a biomassa contribui em torno de 11%, com discreta participação da biomassa moderna¹³ (IEA, 2006). Porém, o Brasil destaca-se dentre as economias industrializadas e emergentes por sua diversificação em fontes de sua matriz energética (Figura 2.1), com uma elevada participação das fontes renováveis (≈42%), principalmente hidroeletricidade (14%) e bioenergia

¹² 1973 - Guerra do *Yom Kippur*, 1978-1981 - Revolução Islâmica no Irã e Guerra Irã-Iraque, 1990-1991 - Guerra do Golfo; 2001 - ataque terrorista à Nova Iorque e Washington; 2008 – Crise Econômica Mundial.

¹³ As definições de biomassa moderna, tradicional e aperfeiçoada constam na página 17.

(31,5), com destaque para a biomassa moderna (23%), em especial o uso do bioetanol carburante (MME, 2008c).

Apesar da crise econômica global e consequente redução do consumo de energia, estima-se um crescimento ao redor de 40% na demanda até 2030 quando os combustíveis fósseis ainda representarão cerca de 83 a 85% do total de energia demandada (IEA, 2006; IEA, 2009). Entretanto, se mantidos os atuais níveis de consumo, estima-se que as atuais reservas de petróleo ainda serão viáveis por mais 41 anos; 63 anos para o gás e 147 anos no caso do carvão (CHU; GOLDEMBERG, 2010).

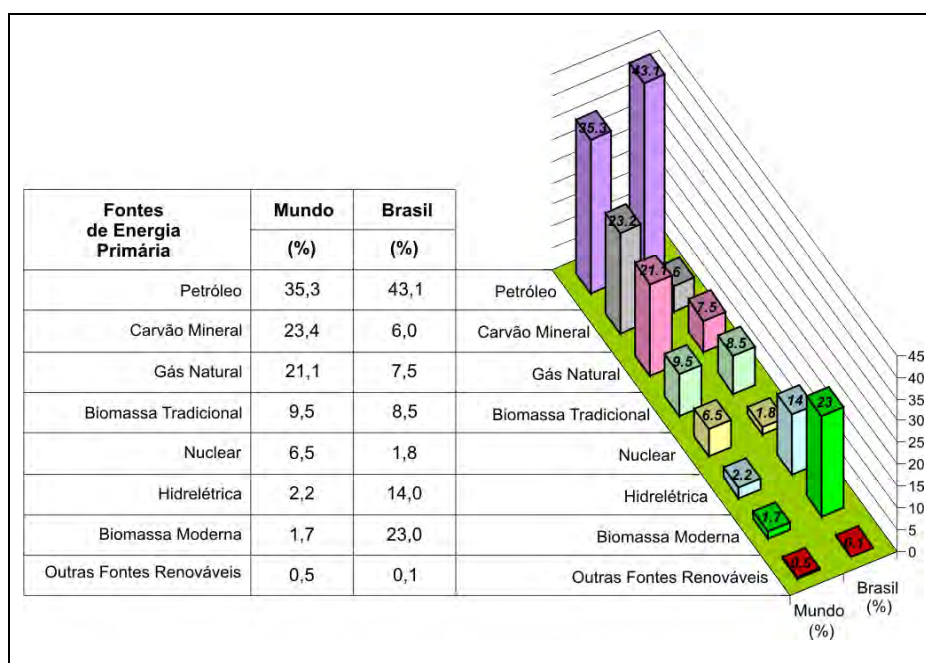


Figura 2.1 – Composição da matriz energética mundial e brasileira.

Fonte: MME (2008m).

A recente crise do petróleo é, para alguns autores, sinal que a “era do petróleo” está chegando ao seu fim (CARVALHO, 2008; GOLDENSTEIN; AZEVEDO, 2006). Muito embora estes sinais não sejam claros (RAPP; BREMER, 2010) ainda não surgiram substitutos viáveis aos combustíveis fósseis que apresentem qualidades superiores e custos inferiores (SANTOS et al., 2009). O que corrobora com a máxima proferida, na década de 1970, por Sheikh Ahmed

Zaki Yamani, ex-Ministro do Petróleo e Recursos Minerais da Arábia Saudita: “A idade da pedra não acabou por falta de pedra. A idade do petróleo não vai acabar por falta de petróleo”¹⁴ (RAPP; BREMER, 2010).

2.4. Energia renovável

Silva (2004) considera como fontes de energia toda substância (petróleo, carvão, urânio, biomassa) capaz de produzir energia em processos de transformação (combustão, fissão nuclear) como também as formas de energia (energia solar, gravitacional), associada ou não ao movimento dos corpos, fluidos (energia das ondas, hidráulica) e gases (energia eólica), ou à temperatura das substâncias (energia geotérmica), cuja transformação em outras formas de energia pode ser realizada em larga escala.

Estas, segundo Goldemberg (1979), podem ser classificadas como: fontes convencionais (petróleo, gás natural, hidroeletricidade, biomassa tradicional), fontes não-convencionais ou alternativas (biomassa moderna, energia eólica, das marés, geotérmica, solar) e fontes exóticas (fusão nuclear, calor dos oceanos).

Porém, Silva (2004) classifica-as quanto sua origem e renovabilidade¹⁵. No primeiro caso, as fontes de energia podem ser primárias, quando originadas de processos fundamentais da natureza (energia solar, energia gravitacional) e secundárias, quando derivadas das primárias por ações e transformações, como a biomassa (solar) e força das marés (gravitacional) (Figura 2.2). No segundo caso, as fontes de energia são classificadas em renováveis (aquelas que podem ser produzidas ou repostas pela natureza) e não-renováveis, que não podem ser produzidas ou repostas pela natureza no curto prazo, sendo

¹⁴ Citação equivocadamente atribuída a Delfim Netto (2009).

¹⁵ Renovabilidade, termo utilizado em oposição à esgotabilidade. É uma medida geral da sustentabilidade ecológica (JARA; RODRIGUES, 2006) utilizada em termos ecológicos e econômicos para avaliar um recurso energético (PRADHAN et al., 2011).

necessários séculos ou milênios, apesar de em alguns casos sua reposição artificial ser possível com enorme gasto energético (balanço extremamente negativo) e custos excessivos.

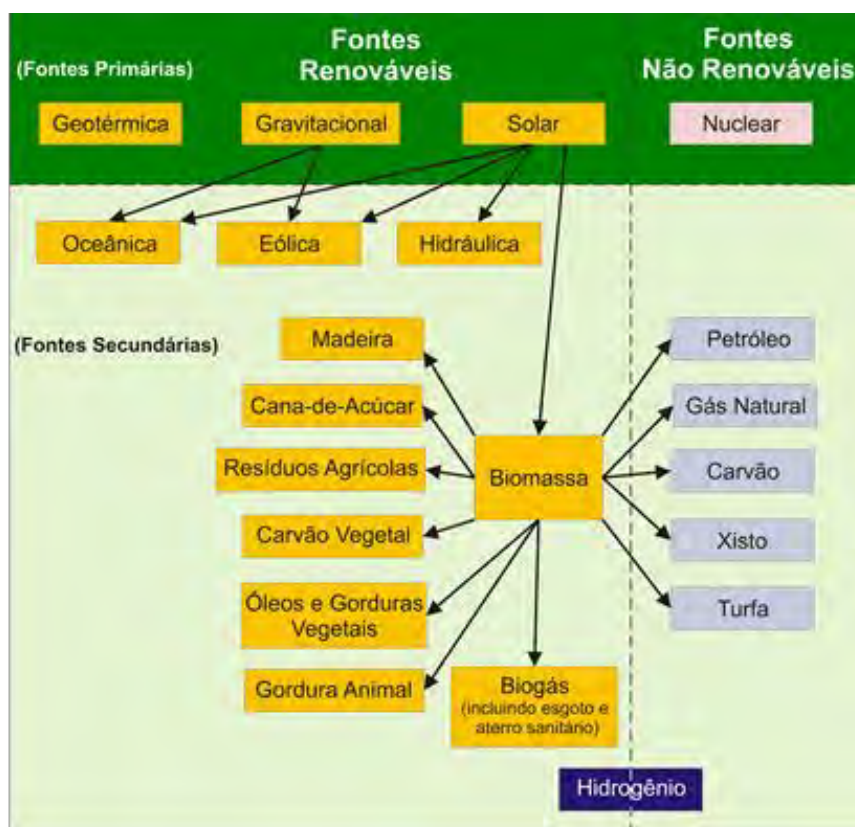


Figura 2.2 – Tipos de energia, quanto a sua renovabilidade.

Fonte: Adaptada de SILVA (2004).

2.5. Bioenergia e biocombustíveis

Sob o âmbito energético, a biomassa pode ser definida como matéria orgânica recente, derivada de plantas (resultante da conversão fotossintética) ou de animais, os quais são reservatórios temporários de energia química (SIMS, 2002).

Segundo a FAO (2004), todo material proveniente da biomassa utilizado como combustível recebe a denominação de biocombustível, e as formas de energia

derivadas de sua transformação, podem ser tratadas por bioenergia (*strictu sensu*). Em sentido amplo, a bioenergia pode ser entendida como um tipo de energia renovável, derivada da biomassa, de origem agropecuária (plantações e animais), florestal e da gerência de resíduos.

Os insumos bioenergéticos assumem diversas formas, alguns têm origem extrativista (lenha, frutos e nozes oleaginosas), enquanto outros são cultivados (mamona, soja, dendê, eucalipto, etc.). Estes são objetos da agroenergia, que pode ser entendida como a energia produzida a partir de produtos agropecuários e florestais (MAPA, 2006), incluindo-se os subprodutos (resíduos) e tecnologias empregadas para seu uso ou beneficiamento.

Como combustível, a biomassa apresenta grandes possibilidades para pesquisa e utilização, pois as formas tradicionais – biomassa tradicional – (combustão direta de lenha e carvão vegetal para aquecimento e cocção) estão cedendo espaço às formas aperfeiçoadas – biomassa aperfeiçoada – (formas mais eficientes de combustão direta de biomassa) e às formas modernas – biomassa moderna – (tecnologias avançadas de conversão de biomassa em bioenergia e trabalho e cogeração de bioenergia), como bioálcool (bioetanol, biobutanol, etc), biodiesel, bio-hidrogênio e o aproveitamento de resíduos agrícolas (HALL et al., 2005; MUNDIM, 2006).

Atualmente, os dois principais biocombustíveis produzidos no Brasil – com escala de produção industrial e comercialização em todo o território – são o etanol e o biodiesel (FERRÉS, 2010). São utilizados isoladamente (álcool hidratado e biodiesel B100, como combustível veicular) ou adicionados aos combustíveis fósseis em diferentes proporções (misturas de álcool anidro na gasolina, biodiesel ao óleo diesel, resíduos vegetais com carvão mineral, etc.).

O bioetanol é o termo que se refere ao produto dos processos de obtenção de etanol a partir da biomassa, cujas principais fontes são as culturas sacarígenas (cana-de-açúcar, sorgo sacarino, beterraba açucareira) e amiláceas (milho, mandioca, batata, trigo). Todavia, também é possível utilizar matérias-primas

lignocelulósicas (fibras/tecidos vegetais como, gramíneas, madeiras e resíduos vegetais) para este fim, mas o atual estágio de desenvolvimento tecnológico ainda não ganhou escala de produção comercial, o que ainda se espera para os próximos anos.

O biodiesel é uma alternativa ao diesel de petróleo, derivado de biomassa oleaginosa (GERPEN, 2005) e, portanto, livre de enxofre em sua composição. Este biocombustível pode ser obtido por diferentes processos, sendo a transesterificação¹⁶ a mais utilizada em todo mundo (BASHA et al., 2009), pois a utilização direta de óleos e gorduras de origem biológica recente podem trazer problemas aos motores (ROSA, 2003) e geradores, sendo necessário um processamento prévio.

O uso de óleos vegetais possui um histórico muito similar ao do álcool combustível no Brasil, sua trajetória de altos e baixos sempre esteve associada com problemas de fornecimento de derivados do petróleo ou com os altos valores da *commodity*. Em meados da década de 1970, o governo instituiu o Pró-Óleo (Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos), cujo principal objetivo era gerar excedentes de óleos vegetais capazes de abastecer o mercado de transporte e geração de energia no país. Porém, os custos de produção e as demandas de mercado inviabilizaram o plano (SUAREZ, 2004).

Em 2005 foi instituído pelo governo brasileiro o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), que regula a produção e o consumo de biodiesel no Brasil, cujos principais objetivos são: implantar um modelo de energia sustentável, por meio do aproveitamento das oleaginosas, de acordo com as diversidades regionais, que promova a inclusão social, garantindo um

¹⁶ Denomina-se transesterificação a reação química entre ésteres (gorduras e óleos vegetais) e álcoois (metanol, etanol, etc.) na presença catalizadores, em meio ácido ou alcalino, resultando e um novo éster (biodiesel), com características análogas ao diesel, e um novo álcool (glicerol) (SUAREZ; MENEGHETTI, 2007).

produto de qualidade com preços competitivos frente ao diesel de petróleo e segurança em seu suprimento (LINHARES, 2004; ALMEIDA et al., 2005).

O PNPB também estabelece percentuais mínimos de mistura de biodiesel ao diesel e monitora a inserção deste novo combustível no mercado. A partir de 2005 até o final de 2007, a adição de 2% (B2) de biocombustível ao diesel era voluntária; de 2008 até 2012 o B2 deveria ser obrigatório; e após 2013, deverá ser utilizado o B5 (SEBRAE, 2007). Contudo, a cadeia do biodiesel se fortaleceu devido a grande oferta de matéria prima (soja), domínio tecnológico e aceitação do mercado, criando condições para o Conselho Nacional de Política Energética antecipar (GOES et al., 2010; MACHADO, 2008) a obrigatoriedade do B3, a partir de 1º de julho de 2008 (MME.CNPE, 2008), e do B5 a partir de 1º de janeiro de 2010 (MME.CNPE, 2009).

Cabe destacar também o aproveitamento dos subprodutos (resíduos) das cadeias produtivas agrícolas (bagaço de cana, casca de arroz, etc.), pecuárias (dejetos suínos, etc.) e florestais (cavacos, serragem, licor negro, etc.) na produção de trabalho mecânico, energia elétrica, calor (co-geração). Coelho e Goldemberg (2003) relatam que em 1999 a contribuição destas fontes para a geração de energia elétrica era de 3% (cerca de 10 TWh) do total da geração daquele ano, sendo que grande parte desta contribuição (cerca de 70%) adveio de sistemas de co-geração das usinas de açúcar e álcool (bagaço de cana) e das indústrias de papel e celulose (licor negro).

2.6. A agricultura de energia do Brasil

Devido a privilegiada situação territorial e climática (predominantemente tropical) à agroenergia (BACCHI, 2006), o Brasil apresenta condições competitivas para tornar-se líder mundial na produção de biocombustíveis principalmente devido à extensão de áreas agrícolas e disponibilidade hídrica para a produção de biocarburantes (MAPA, 2006), sem prejuízo à segurança alimentar e com impactos ambientais aceitáveis.

Isto se deve à disponibilidade de terras agricultáveis para a expansão das fronteiras agrícolas, à otimização das áreas em uso e ao aproveitamento de áreas degradadas ou marginalizadas (MAPA, 2006). Adicionalmente, esta condição também é favorecida pela existência de uma cadeia agroindustrial completa e diversificada além de um setor de pesquisa agropecuário bastante avançado (FERRÉS, 2010) que estimulam o aumento da produtividade pelo aperfeiçoamento dos métodos de manejo, uso de novos cultivares e novos insumos (JOHNSTON et al., 2011).

Pela possibilidade de serem produzidos tanto em sistemas sustentáveis de produção familiar, como em larga escala nos cultivos empresariais, os agrocombustíveis ganham importância estratégica, pois não somente podem fomentar o setor agrícola e ampliar a geração de empregos como também contribuem para a segurança energética. Por este motivo, Amorim (2007) acredita que o país deverá se tornar o principal palco de investimentos internacionais do setor.

O Brasil e os Estados Unidos são atualmente os maiores produtores mundiais de bioetanol, cuja produção conjunta, desde o início do século XXI, supera 95% da oferta mundial. Até a safra de 2005/2006, o país liderou a produção mundial de bioetanol, perdendo esta posição nas safras seguintes para os EUA, devido a modificação de orientação política daquele país em relação à segurança energética nacional. A performance produtiva destes dois países é comparada na Tabela 2.1 e Figura 2.3 (safras 2001/2002 até 2009/2010).

Porém, recentemente a oferta de etanol no mercado brasileiro sofreu uma redução súbita da oferta, com consequente elevação de preços e diminuição das exportações. Segundo Torquato (2011), isto se deve a uma conjunção de fatores, entre os quais, citam-se: aumento da demanda em função da melhora da renda do brasileiro, competição com a exportação de açúcar (disputa por matéria-prima), inexistência de estoques reguladores, lavouras antigas (sem renovação), revezes climáticos, entre outros.

Tabela 2.1 – Produção de Bioetanol – Brasil e EUA – 2000/2001 a 2011/2012.

Período	PRODUÇÃO DE ÁLCOOL (hm ³)		Período	PRODUÇÃO DE ÁLCOOL (hm ³)	
	Brasil ⁽¹⁾	EUA ⁽²⁾		Brasil ⁽¹⁾	EUA ⁽²⁾
2000/2001	10,52	6,17	2006/2007	17,94	18,38
2001/2002	11,47	6,70	2007/2008	22,45	24,61
2002/2003	12,49	8,06	2008/2009	27,68	34,07
2003/2004	14,64	10,60	2009/2010	25,74	40,13
2004/2005	15,21	12,87	2010/2011	27,60	50,08 ⁽³⁾⁽⁴⁾
2005/2006	15,81	14,78	2011/2012	21,64 ⁽⁴⁾	51,10 ⁽⁴⁾

Fonte: ⁽¹⁾MAPA (2011^a); ⁽²⁾RFA (2011); ⁽³⁾GRFA (2011); ⁽⁴⁾ Dados Estimados.
 Legenda: 1 hm³ = 10⁶ m³ = 1 GL = 10⁹ L (bilhões de litros)

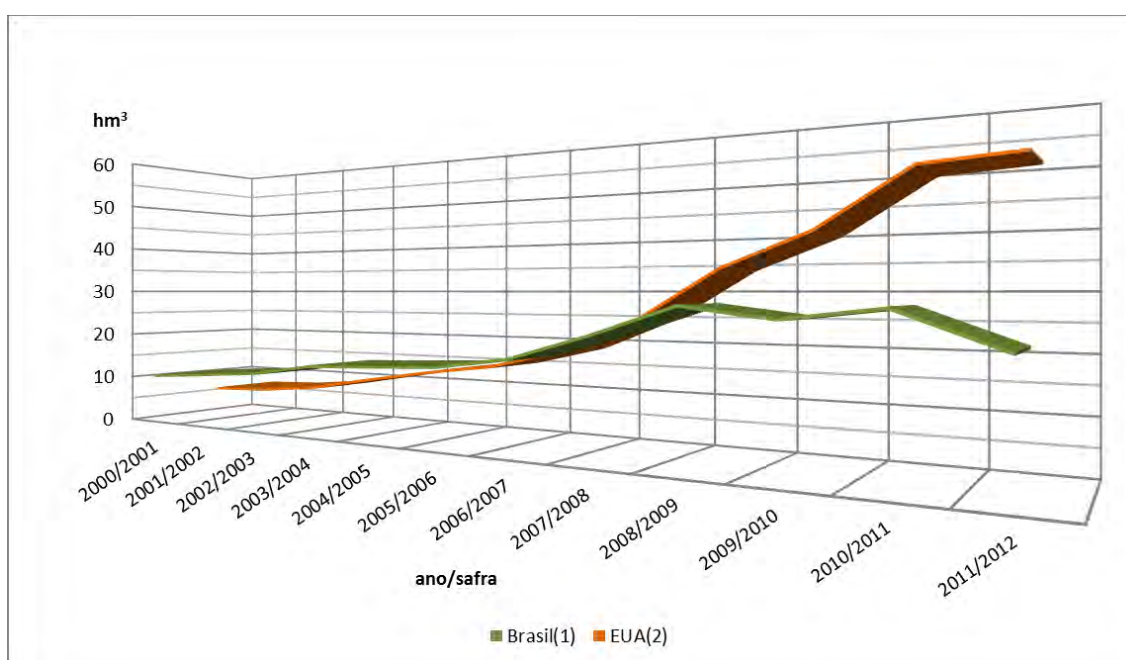


Figura 2.3 – Evolução da produção de Bioetanol – Brasil e EUA – 2000/2001 a 2011/2012.

Fonte: ANP (2011); RFA (2011); GRFA (2011).

Para a produção do bioetanol no Brasil, são consideradas como matérias-primas prioritárias a cana-de-açúcar, a mandioca e o sorgo sacarino. Entretanto, para a produção de biodiesel o rol de oleaginosas promissoras é mais amplo e inclui também a utilização de gorduras animais e o reuso de óleos residuais. Atualmente, a soja (mais de 70%), o sebo bovino (acima de 10%) e o algodão (cerca de 4-5%) destacam-se no cenário nacional por sua grande disponibilidade (MME, 2011a, 2011b) e baixo custo para as indústrias.

Contudo, há outras culturas promissoras para a industrialização do biodiesel, como mamona, canola, girassol, amendoim, gergelim, pinhão-manso, tungue, dendê, etc., mas ainda não possuem a mesma escala de produção da soja ou os preços pagos pela indústria química, farmacêutica e de alimentos são bem melhores que a indústria do biodiesel oferece. Cabe destacar o cultivo da mamona, pelos incentivos governamentais à agricultura familiar (Selo de Combustível Social), e do dendê, pelo grande rendimento em óleo e pelo potencial produtivo em áreas marginais.

Ferrés (2010) lembra que os óleos vegetais de diferentes cultivos apresentam características físico-químicas ligeiramente distintas, como: ponto de fulgor, viscosidade, solubilidade, reatividade química, estabilidade térmica, entre outros. Deste modo, podem exigir cuidados específicos para atingir as especificações de conformidade da ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) para serem comercializados puros ou misturados em diferentes proporções ao diesel mineral.

O país se consolidou, em 2010, como o segundo maior produtor de biodiesel do mundo (2,4 milhões de m³), atrás apenas da Alemanha (2,6 milhões de m³) e, em 2011, se tornou o maior mercado consumidor deste recurso (ANP, 2011). Na Figura 2.4 encontra-se a evolução da produção nacional de biodiesel, durante o período compreendido entre os anos de 2005 (início do PNBD) até 2011.

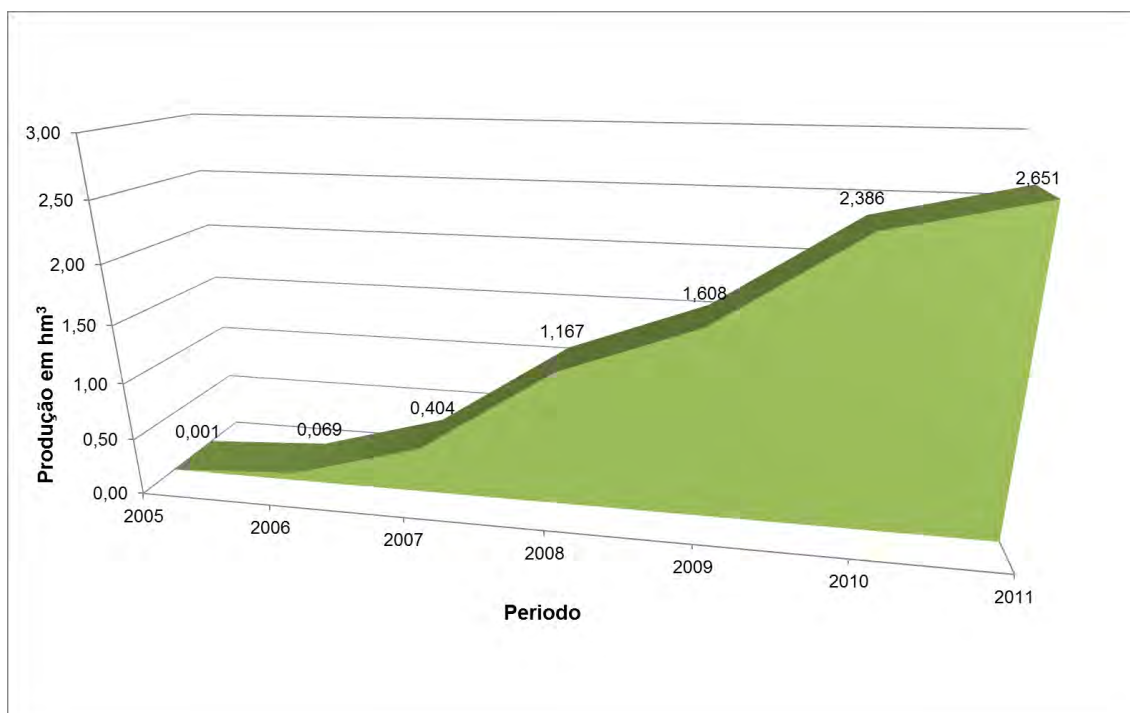


Figura 2.4 – Produção Nacional de Biodiesel. Período 2005-2011.
Fonte: MME (2011b)

2.7. Planejamento Territorial

De acordo com o senso comum, “território” refere-se a um espaço geográfico qualquer, geralmente marcado e defendido, espaço de sobrevivência de um grupo ou indivíduo. O termo, originário do latim *territorium* (termo derivado de terra), significa “pedaço de terra apropriada” (KAROL, 2000).

O território e o seu uso, definido como espaço delimitado e constituído por relações de poder, remetem ao seu significado, o território nacional. Isto porque a ideia de Estado esteve sempre associada a um determinado território onde poder e povo exerciam sua soberania. Em suma, o território é a extensão ou base geográfica do Estado, sobre a qual ele exerce a sua soberania e que compreende todo o solo ocupado pela nação (MAGDALENO, 2005).

Por outro lado, territorialidade é a conduta característica adotada por um organismo para tomar posse de um território e defendê-lo. Pode ser entendido como “aquilo” que pertence propriamente ao território considerado

politicamente, ao conjunto das leis e regulamentos que se aplicam aos habitantes de um dado território (por exemplo, a territorialidade das leis, dos impostos, etc.) (KAROL, 2000).

O crescimento demográfico e a consequente criação de produtos e serviços têm exercido pressão intensa sobre os recursos naturais. O território, como espaço socialmente organizado, configura-se em ambiente político-institucional no qual se mobilizam diferentes atores regionais em prol de seus próprios projetos de desenvolvimento, por muitas vezes de interesses conflitantes (ROCHA et al., 2004). Surge, então, a necessidade de planejar e orientar não apenas os espaços criados e modificados pelo homem, mas todo o ambiente natural, não somente o ambiente próximo, mas toda a biosfera (SLOCOMBE, 1993).

Em sentido amplo, planejamento é todo “o processo de interferir na realidade com o propósito de passar de uma situação conhecida para outra situação desejada, dentro de um intervalo de tempo definido”. No sentido restrito, planejamento é a elaboração de planos (HOUAISS et al., 2001).

O planejamento como forma de descrever e melhorar as condições ao redor das ocupações humanas tem longa data. No início do século XX, o planejamento auxiliava na escolha de alternativas de uso dos recursos disponíveis, porém sempre priorizando os espaços urbanos. Na década de 1930, estudos voltados ao planejamento dos recursos hídricos começaram a empregar métodos de auxílio à tomada de decisão, tornando o processo estruturado. Nos Estados Unidos, nas décadas de 1950 e 1960, planejamentos foram realizados com o objetivo de avaliar os impactos ambientais resultantes de obras estatais (SANTOS, 1995, citado por FIDALGO, 2003).

Atualmente o planejamento territorial pode ser entendido como um conjunto de diretrizes, políticas e ações programadas, com vistas a alcançar um ordenamento do espaço geográfico afetado por tais atividades humanas, sociais e econômicas, buscando uma dinâmica espacial que permita o

crescimento e o desenvolvimento desejado de forma sustentável (INTEGRAÇÃO, 2006; PLANEJAMENTO, 2007), podendo, ainda, se dar em diferentes níveis, cada qual com suas implicações e extensões, do macro ao local (Figura 2.5).

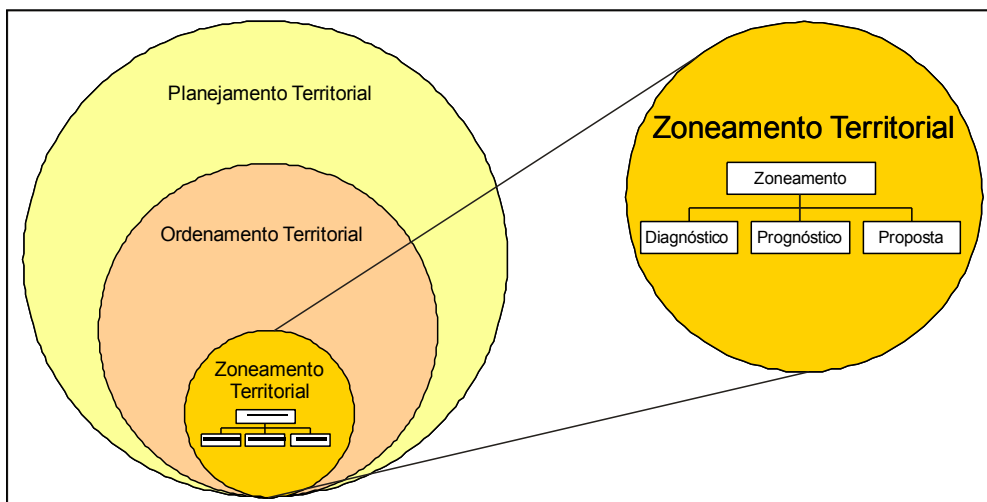


Figura 2.5 – Níveis do Planejamento Territorial

2.7.1. Ordenamento Territorial

Para Gaspar (1996), o ordenamento territorial é a “arte de adequar as gentes e a produção de riqueza ao território numa perspectiva de desenvolvimento” [sic]. É uma técnica administrativa e uma política concebida com um enfoque interdisciplinar e global, cujo objetivo é um desenvolvimento equilibrado das regiões e da organização física do espaço, segundo um conceito diretor (REIGADO, 2006).

Trata-se de uma escala de planejamento que aborda o território nacional em sua integridade, atentando para a densidade da ocupação, as redes instaladas e os sistemas de engenharia existentes (de transporte, comunicações, energia, etc.). Interessam a ele as grandes aglomerações populacionais (com suas demandas e impactos) e os fundos territoriais (com suas potencialidades e vulnerabilidades), numa visão de contiguidade que se sobrepõe a qualquer manifestação pontual no território (MORAES, 2005).

O ordenamento territorial nasceu no País como instrumento de planeamento, como elemento de organização e de ampliação da racionalidade espacial das ações do Estado. Ainda que a semântica da expressão ordenação do território esteja aberta a conteúdos muito amplos e aplicações em todas as escalas espaciais, a evolução real vai consolidando-a como uma política de planificação física, referida aos fatos aos quais se confere valor estruturante em territórios de âmbito regional e local (RÜCKERT, 2005).

A ordenação do território ou a sistematização do desenvolvimento no espaço geográfico constituem-se em outra estratégia rumo à modernidade e atada à idéia de descentralização, já que parte do reconhecimento do desenvolvimento desigual das regiões de um país. Referem-se àquelas ações do Estado ajustadas e dirigidas para buscar uma organização do uso da terra, com base na redistribuição de oportunidades de expansão e na detecção de necessidades, potencialidades, limitações e vantagens comparativas e competitivas (ESTABA, 1999). Portanto, busca captar os grandes padrões de ocupação, as formas predominantes de valorização do espaço, os eixos de penetração do povoamento e das inovações técnicas e econômicas e a direção prioritária dos fluxos (demográficos e de produtos), visando estabelecer um diagnóstico geográfico do território, indicando tendências e aferindo demandas e potencialidades, de modo a compor o quadro no qual devem operar de forma articulada as políticas públicas setoriais, com vistas a realizar os objetivos estratégicos do governo (MORAES, 2005).

2.7.2. Zoneamento Territorial

O zoneamento territorial é um instrumento do ordenamento territorial para racionalização da ocupação dos espaços e de redirecionamento de atividades (BENATTI, 2003). É a integração sistemática e interdisciplinar da análise ambiental no planeamento dos usos do solo, com o objetivo de definir a melhor gestão dos recursos ambientais identificados, promovendo a destinação, factual ou jurídica, da terra às diversas modalidades de uso humano (FEEMA,

1991). Como instituto jurídico, o conceito se restringe à destinação administrativa fixada ou reconhecida (MOREIRA NETO, 1976, citado por FEEMA, 1991).

Fidalgo (2003) menciona que, no Brasil, a Lei Federal 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente define como instrumentos dessa política, duas formas de planejamento ambiental: o zoneamento ambiental e a avaliação de impactos ambientais. Além destes, também são utilizados no país, como instrumento de planejamento, os planos de bacias hidrográficas, os planos diretores ambientais, os planos de manejo e os demais tipos de zoneamento (ecológico-econômico, agroecológico, climático, pedoclimático, etc.). Porém, no geral, a realidade é bem diferente, pois os zoneamentos realizados, em sua maioria, buscam somente identificar áreas com restrições ambientais para usos (FERREIRA et al., 2008).

São tipos de zoneamento:

Instrumentos de Políticas Governamentais	Instrumentos Técnicos de organização/hierarquização do Espaço
• Zoneamento Ambiental • Zoneamento Ecológico Econômico • Zoneamento Costeiro • Zoneamento Agroecológico • Zoneamento Agrícola ○ Climático ○ Pedológico ○ Edafoclimático • Zoneamento Urbano (agenda 21, Lei do Zoneamento Urbano)	• Zoneamento Geoambiental • Zoneamento Geoecológico • Zoneamento Geofísico • Zoneamento das Águas • Zoneamento Ecológico • Zoneamento Energético • Zoneamento de Preservação Ambiental, • etc.

2.7.3. Áreas (Territórios) Potenciais

Entende-se por áreas ou territórios potenciais, aquelas que devido as características intrínsecas (naturais, geográficas, sociais, econômicas ou políticas) são vocacionadas ou apresentam aptidão para algum tipo de

atividade, uso ou fim (adaptado de COUNCIL OF EUROPE, 2007). Por exemplo, as áreas potenciais para projetos de irrigação, minimamente, precisam ter acesso fácil a algum manancial de água de qualidade onde os conflitos de uso deste recurso natural possam ser mediados ou mitigados, bem como apresentem um balanço ótimo em função do custo/benefício econômico, social e ambiental.

Por outro lado, a identificação de áreas potenciais não deve ser confundida com o zoneamento territorial, instrumento de ordenamento territorial que orienta o uso do solo de acordo com suas aptidões, preocupando-se em identificar e caracterizar unidades territoriais homogêneas, nas quais é possível estabelecer a setorização do espaço para as atividades específicas. Porém, as análises para a tomada de decisão estratégica são realizadas por abordagens bastante distintas, nem sempre compatíveis, como Métodos ad hoc, Listagens, Matrizes, Modelos de Simulação, Overlays, Geoestatística, Análise Multivariada, Análise Multicritérios, entre outros (FIDALGO, 2003).

2.8. Planejamento Agroenergético Baseado em Geotecnologias

De uma forma geral, o cultivo de biomassa para produção de energia pode ocorrer em qualquer área agricultável. Entretanto, para garantir os interesses nacionais, incluindo-se aqueles aparentemente antagônicos como desenvolvimento econômico e biodiversidade, os governos precisam fornecer os marcos legais, incentivos fiscais e financeiros necessários aos vocacionados à produção de energia renovável (VOIVONTAS et al., 1998).

Neste contexto, torna-se indispensável uma correta avaliação do potencial de produção agroenergética, aliada a um efetivo planejamento territorial. Este pode ser entendido como um conjunto de diretrizes, políticas e ações, com vistas a alcançar um ordenamento do espaço geográfico afetado pelas atividades humanas (sociais e econômicas), buscando o crescimento e o desenvolvimento desejado de forma sustentável (PLANEJAMENTO, 2007).

O planejamento agroenergético pode ser entendido como o conjunto de etapas envolvidas na análise de viabilidade econômica e localização de empreendimentos, produção de biomassa, comercialização, beneficiamento, produção de bioenergia, consumo e destinação de resíduos (NIBBI et al., 2004).

Esta atividade deveria ser prioritária para os principais agentes e vetores setoriais envolvidos com o tema (VOIVONTAS et al., 1998), pois o suprimento energético é estratégico para o desenvolvimento das nações (RAMACHANDRA, 2009), uma vez que incrementos na atividade agropecuária ou industrial demandam suprimento de energia (JEBARAJ; INIYAN, 2006).

Portanto, a identificação e a estimativa de fontes de energias renováveis, a avaliação do perfil de demanda energética e o desenvolvimento de planos estratégicos para integração das fontes renováveis de energia, constituem a base na qual uma política regional realista deveria ser formada (VOIVONTAS et al., 1998).

Adicionalmente, é necessário considerar, durante a análise sobre as fontes de biomassa, sua dinâmica natural, tanto ao longo do tempo, quanto sobre um território (NOON; DALY, 1996), assim como os interesses dos diferentes *stakeholders*¹⁷, tornando o planejamento para a bioenergia algo muito complexo (HEKTOR, 2000).

Diferentes ferramentas e métodos derivados de geotecnologias podem ser empregados na análise e planejamento agroenergético. Destacam-se o sensoriamento remoto (SR) e os sistemas de informações geográficas (SIG), coadjuvados ou não por inteligência artificial, abordagens multicriteriais e modelagem dinâmica espacial.

¹⁷ Termo em inglês utilizado para designar as partes interessadas, intervenientes (ETHOS, 2005).

Cabe salientar que, para descrever as relações entre temas muitas vezes tão diferentes, necessita-se de grandes quantidades de informações, o que requer diferentes ferramentas e métodos de análise no processo de planejamento (JEBARAJ; INIYAN, 2006). Um resumo de como todas estas diferentes variáveis podem ser reunidas e analisadas em função de um planejamento agroenergético de um território, pode ser observada na Figura 2.6.

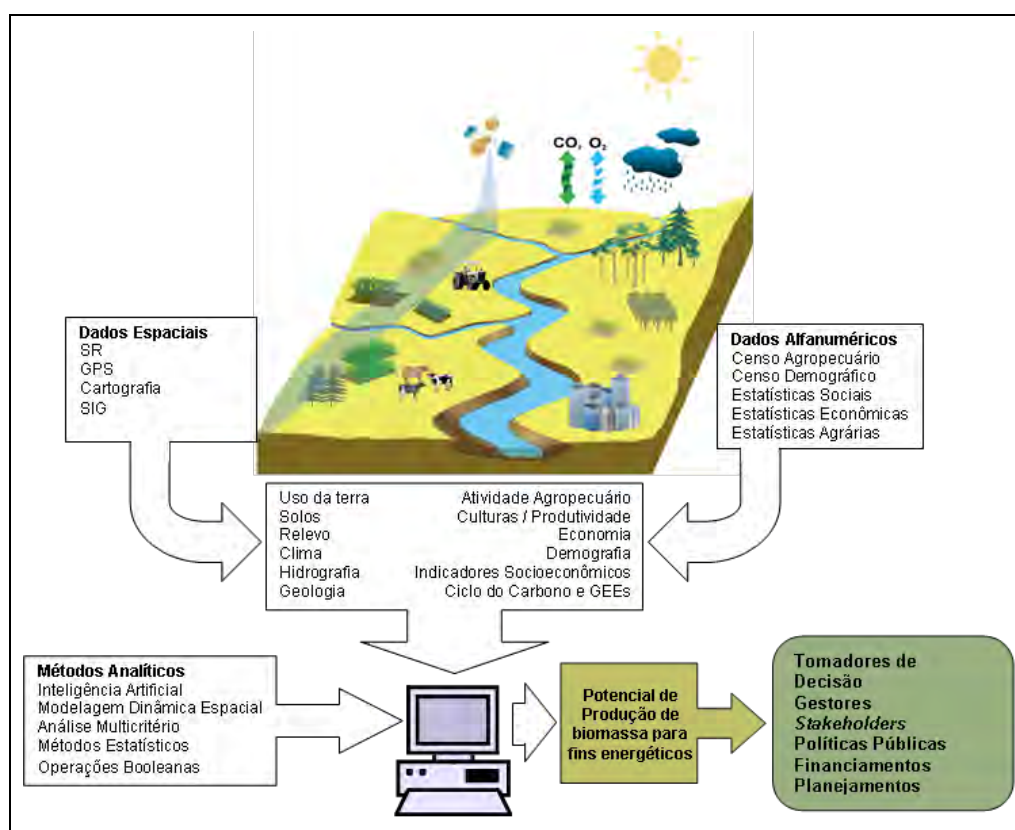


Figura 2.6 – Integração de métodos e ferramentas visando subsidiar o planejamento agroenergético territorial.

A principal contribuição do SR é fornecer uma visão sinótica sobre o uso e cobertura da terra do espaço geográfico considerado. Adicionalmente, para o caso específico da bioenergia, esta técnica também pode favorecer outras análises, tais como: indicação da disponibilidade de terras para fins de produção de biomassa (SUDHA; RAVINDRANATH, 1999), previsão de safra (RIZZI; RUDORFF, 2007), monitoramento do desenvolvimento e quantidade da biomassa (BÅÅTH et al., 2007).

O SR também tem sido muito utilizado no levantamento (BROWN et al., 2007) e monitoramento das mudanças de uso e cobertura da terra (RAMACHANDRA, 2007) advindos da expansão da agroenergia, bem como de seus impactos ambientais (FIRBANK, 2008), contribuição às mudanças climáticas (DALE, 1997) e inventário de sequestro de carbono (MACDICKEN, 1997), dentre outras aplicações.

Os SIGs, diferentemente dos mapas convencionais, permitem recuperar, armazenar e visualizar dados espacializados, facilitando o cruzamento de informações e a análise de dados, de forma a integrar vários níveis de informação e gerar novos dados e informações (NOON; DALY, 1996).

Podem ser encontrados na literatura vários exemplos de uso do SIG, como a avaliação de disponibilidade de biomassa para fins energéticos (DOMINGUEZ; MARCOS, 2000), adequabilidade das terras à agroenergia (ANDERSEN et al., 2005), localização ótima de plantas de geração de energia de biomassa (PANICHELLI; GNANSOUNOU, 2008), otimização de custos (VOIVONTAS et al., 2001), bem como auxiliar na avaliação dos impactos ambientais em todo o ciclo de vida dos produtos e serviços associados à bioenergia (PANICHELLI et al., 2009) e no monitoramento de gases de efeito estufa (GNANSOUNOU et al., 2008).

Técnicas de inteligência artificial têm se mostrado promissoras na avaliação do potencial de energias renováveis juntamente com os SIGs (JEBARAJ; INIYAN, 2006), em especial as redes neurais artificiais (KALOGIROU, 2001). Algumas aplicações destas técnicas podem ser coligidas da literatura, como modelagem de emissões de gases de efeito estufa a partir da queima de biomassa para produção de eletricidade (NARAYANAN et al., 2006) e modelos de predição de crescimento e produtividade de culturas agroenergéticas (KAUL et al., 2005; ALVAREZ, 2009).

As abordagens multicriteriais convencionais não levam em conta a heterogeneidade espacial (PHUA; MINOWA, 2005), porém têm sido

empregadas com bastante sucesso como coadjuvantes do processo decisório relativo às fontes renováveis, em especial a bioenergia, seja na análise de riscos e incertezas (BUCHHOLZ et al., 2007), de custos (ROZAKIS et al., 2001), de oportunidades de mercado (BUCHHOLZ et al., 2009) ou na avaliação de impactos ambientais, mudanças climáticas (PHUA; MINOWA, 2005) e investimentos em projetos de MDL (DIAKOULAKI et al., 2007).

Os métodos multicriteriais também podem apoiar os SIGs em sistemas de suporte à decisão (SSD), o que instrumentaliza o processo decisório de planejamento territorial ou setorial (JANKOWSKI, 1995; GOMES; LINS, 2002). Já existem experiências interessantes no emprego destas técnicas associadas a SIGs, voltadas à cadeia agroenergética (ROZAKIS et al., 2001), como a avaliação da aptidão das terras para cultivos agroenergéticos (TENERELLI; MONTELEONE, 2008).

O planejamento territorial voltado à agroenergia pode, também, beneficiar-se com o emprego da modelagem dinâmica espacial, em especial pela construção de cenários preditivos que possam levar em conta, além da expressão espacial e temporal dos fenômenos analisados, as relações sociais, ambientais e econômicas, bem como as externalidades. Estas modelagens podem se dar em nível regional (SCHNEIDER et al., 2001; SCHEFFRAN et al., 2007), nacional (DE LA TORRE URGATE; RAY, 2000) e até mesmo global (YAMAMOTO et al., 2001).

2.9. Inteligência Artificial

A Inteligência Artificial (IA) sistematiza e automatiza tarefas intelectuais e, portanto, é potencialmente relevante para qualquer esfera da atividade intelectual humana (SILVA, 2005). A IA abrange diversas áreas, com inúmeras possibilidades de aplicações dentro das engenharias, informática, biologia e outras áreas. É uma disciplina científica que utiliza a capacidade de conectividade e de processamento de símbolos da computação com o propósito de encontrar métodos genéricos para automatizar atividades

perceptivas, cognitivas e manipulativas (PEREIRA, 2003; BITTENCOURT, 2008^a), de forma análoga à capacidade humana de solução de problemas (WIKIPEDIA, 2008).

Existem atualmente, três linhas principais de pesquisa de Inteligência Artificial (BITTENCOURT, 2008^a; BITTENCOURT, 2008b; PEREIRA, 2008): a) Linha Conexionista, que consiste na simulação de sistemas inteligentes baseados na estrutura e funcionamento do cérebro humano (e.g. Redes Neurais Artificiais – RNA); b) Linha Simbólica, apoiadas em sistemas especialistas (classes de softwares que colaboram na tomada de decisão), fundada em conhecimento (heurístico, factual, probabilístico), caracterizada pela intensa formalização matemática (e.g. Modelos Fuzzy, Modelos Bayesianos, etc.); e c) Linha Evolutiva, baseada na observação de mecanismos evolutivos (Darwin) encontrados na natureza, tais como a auto-organização e o comportamento adaptativo. Nesta linha, os modelos mais conhecidos são os Algoritmos Genéticos e os Autômatos-Celulares.

Há, também, uma quarta linha de pesquisa, denominada Inteligência Artificial Híbrida, na qual se combinam ferramentas de outras linhas para a solução de um problema (PEREIRA, 2008).

2.9.1. Redes neurais artificiais

Redes Neurais Artificiais (RNA) são implementações físicas (hardware) ou lógicas (software) as quais simulam as capacidades e habilidades de redes neuronais naturais (HODJU; HALME, 1999). Para Iyoda (2000), as RNAs são sistemas de processamento de informação, formados pela interconexão maciça entre unidades simples de processamento, denominadas neurônios artificiais, que recebem esta denominação por serem concebidos a partir do modelo matemático de neurônio biológico (Figura 2.7).

As RNAs podem ser classificadas de diferentes formas, sendo mais comum, agrupá-las quanto ao tipo de aprendizado envolvido (VALENÇA; LUDERMIR,

1999). Porém, alerta Sarle (2002), a distinção entre estas formas nem sempre é bem clara. Deste modo tem-se: a) RNAs Supervisionadas; e b) RNAs Não-Supervisionadas.

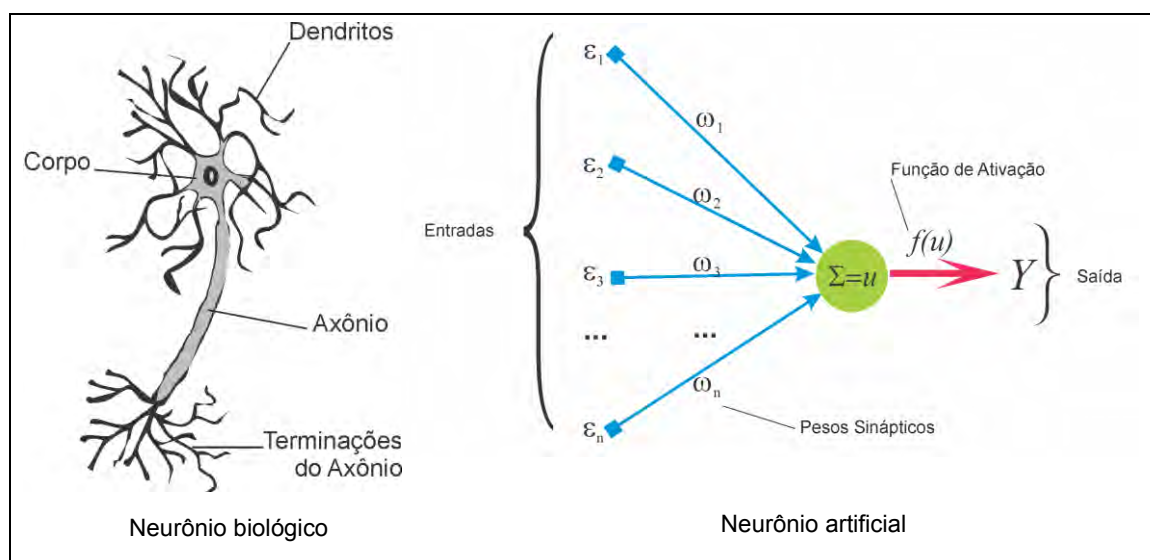


Figura 2.7 – O neurônio biológico e o neurônio artificial.

No primeiro grupo, os neurônios são treinados de forma que a cada vetor de entrada corresponda a uma saída desejada (HODJU; HALME, 1999), cujo comportamento é conhecido a priori para que a rede reproduza as saídas desejadas (BARRETO, 1998). Como exemplos típicos citam-se: Rede *Perceptron* de Múltiplas Camadas (Figura 2.8), Rede de Funções de Base Radial (RBF) e a Rede de Aprendizagem por Quantização Vetorial (LVQ).

Nas RNAs não-supervisionadas, por seu turno, o próprio conjunto neuronal deve extrair as informações (regularidades) existentes nos estímulos de entrada, necessárias ao seu correto funcionamento, sem (ou com mínima) intervenção de um operador humano. Esta propriedade recebe o nome de auto-organização (BARRETO, 1998; SARLE, 2002; BENITE, 2005). Como representantes desta categoria de RNAs, citam-se a Rede Neural de Mapas Auto-Organizáveis de Kohonen (Self-Organizing Maps – SOM), Rede da Teoria

de Ressonância Adaptativa (ART) e Rede da Teoria de Ressonância Adaptativa Difusa (FART).

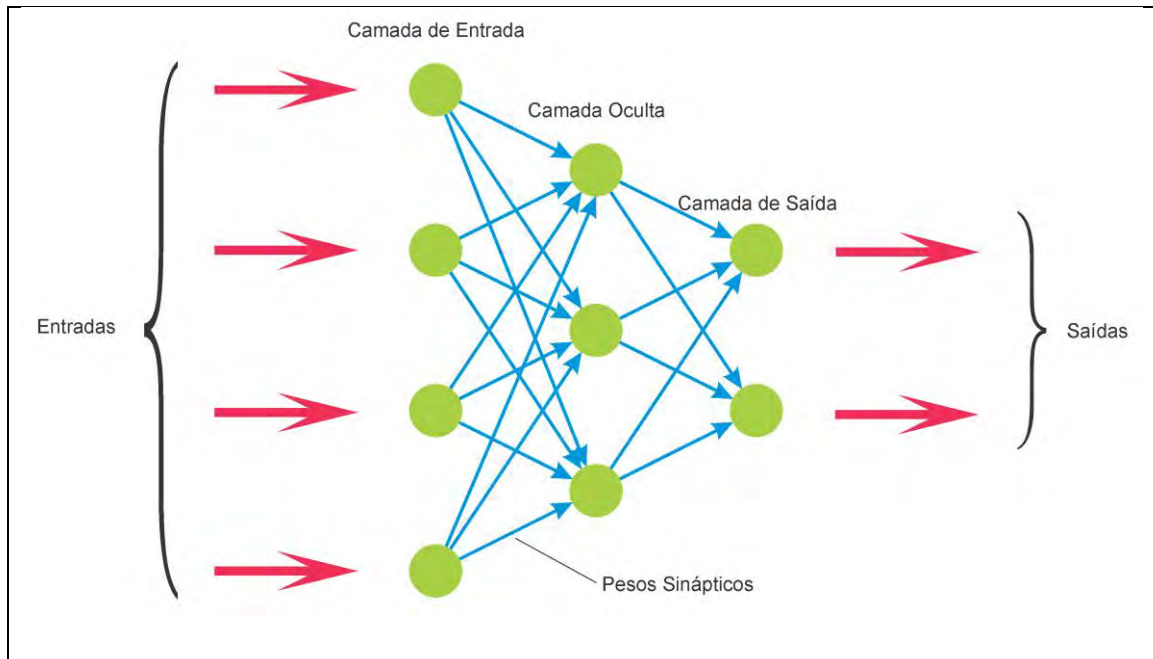


Figura 2.8 – Exemplo de Rede Neural Artificial de duas camadas com quatro entradas e duas saídas.

Os princípios de aprendizagem neural não supervisionada tendem a ser mais plausíveis biologicamente do que as técnicas supervisionadas. As estratégias de aprendizagem neural não-supervisionada baseiam-se em dois mecanismos bastante simples: competição e correlação. No primeiro caso, estruturas neurais competem entre si pelo direito de responder a um determinado estímulo sensorial de entrada. No segundo, a estrutura neural se auto-organiza de tal forma a extrair a informação relevante a partir de correlações existentes nos dados sensoriais (BARRETO, 1998).

O campo de aplicações em geotecnologias também é bastante amplo, sendo frequentemente utilizado em processos de análise e classificação de imagens orbitais (ATKINSON; TATNALL, 1997) e em análises espaciais e processos decisórios em Sistemas de Informação Geográfica (SPIELMAN; THILL, 2008).

2.9.2. Rede Neural de Mapas Auto-Organizáveis de Kohonen (SOM)

A auto-organização (self-organization) é um paradigma científico-filosófico, cuja base inicial foi lançada por Kant em 1790¹⁸ como uma propriedade capaz de definir os organismos vivos (KELLER, 2008; 2009). Porém, com o tempo, o conceito foi ampliado, incorporando novos significados e sendo incorporado por diferentes áreas do conhecimento, assumindo um caráter transdisciplinar (PEREIRA-JUNIOR; PEREIRA, 2010).

Contudo, modernamente, a auto-organização se refere a processos espontâneos que ocorrem em sistemas semifechados, em resposta a perturbações de origem externa (PUTTINI et al., 2010) que não ocorrem fundamentalmente em um espaço físico/geográfico, mas necessariamente em um espaço informacional (EIGEN, 1971), o qual é multidimensional, abstrato e invisível (ZHANG, 2008).

Deste modo, o SOM (Self-Organizing Map) é um tipo de rede neural artificial inspirado na neurofisiologia, que incorpora mecanismos considerados básicos para auto-organização, como a competição, cooperação e auto-amplificação (HAYKIN, 2001). Esta analogia com o córtex cerebral se dá pela forma com que este órgão se divide para coordenar funções específicas (visão, audição, etc.), mapeando de forma ordenada cada entrada sensorial para as áreas correspondentes no córtex, aumentando a atividade neuronal nestas regiões, enquanto que na medida em que se afasta destes centros, a atividade diminui (HAYKIN, 2001; KOHONEN, 2001).

Desta forma, o SOM transforma um padrão de entrada de dimensão arbitrária em um mapa discreto uni ou bidimensional de uma maneira adaptável e topologicamente ordenada (HAYKIN, 2001), permitindo a separação e

¹⁸ Immanuel Kant, filósofo prussiano, autor de “Crítica do Julgamento”, também conhecida por Crítica do Juízo (1790).

visualização de características e padrões (VESANTO et al., 1999; VESANTO, 2002).

O SOM é um tipo de rede neural artificial baseada em aprendizado competitivo e não-supervisionado, i.e., nenhuma informação sobre as classes dos sinais de entrada é utilizada no processo de ajuste dos pesos sinápticos da rede (KOHONEN, 1997).

A rede neural SOM é formada por um conjunto de elementos simples (neurônios) organizados em estruturas mais complexas, que funcionam em conjunto. Cada neurônio é uma unidade de processamento que recebe estímulos (externos ou internos) e produz uma resposta (interna ou de saída). A organização surge quando a rede passa a mapear os padrões de entradas em um espaço de menor dimensão (normalmente uma ou duas) de tal forma a agrupar os padrões semelhantes (KOHONEN, 1990).

Caracteristicamente, os neurônios artificiais do SOM estão dispostos lado a lado (em grade) interligados entre si por ramificações através das quais os estímulos são propagados, em uma estrutura de duas camadas (de entrada e de saída), onde se forma o “mapa de Kohonen”, que procura estabelecer e preservar noções de vizinhança (preservação topológica) (Figura 2.9).

Na aprendizagem competitiva, os neurônios da camada de saída competem entre si pelo direito de permanecerem ativos para um dado estímulo de entrada, tendo um único vencedor em cada iteração temporal (HAYKIN, 2001). Ao final desta competição, apenas uma unidade permanecerá ativa, como resposta àquela informação da entrada. Neste processo, o vencedor leva tudo (*the winner takes all*).

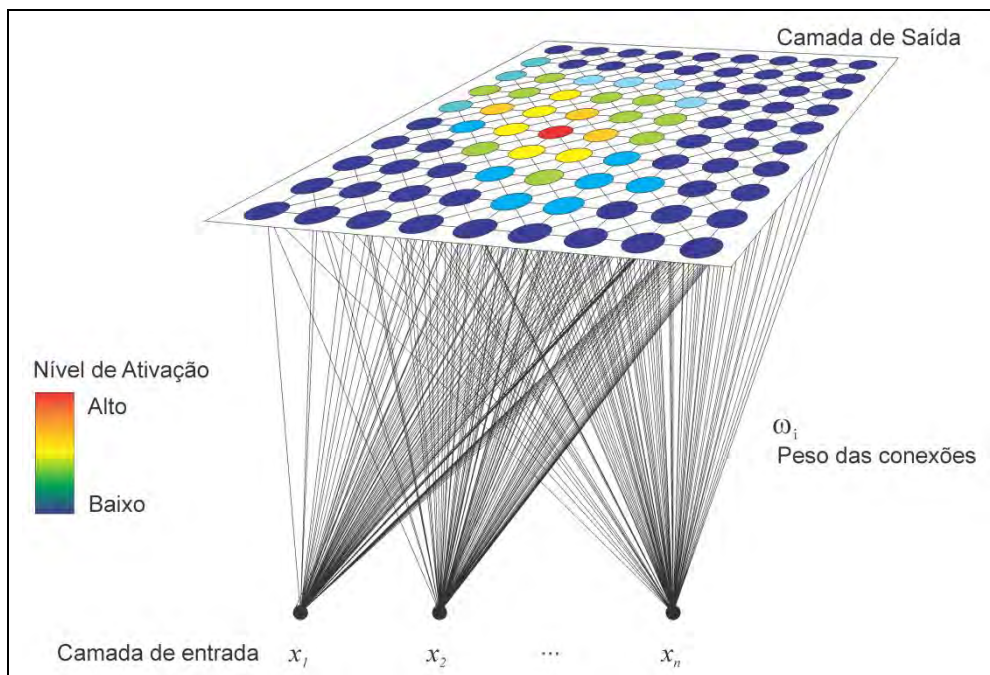


Figura 2.9 – Topologia do SOM: treliça de nós neuronais.

No processo de treinamento, um dado estímulo de entrada é apresentado ao “mapa de Kohonen” várias vezes. A cada reapresentação, o perfil de sensibilidade dos neurônios vai se alterando, no entanto, estas mudanças tornam-se cada vez menores, até o mapa atingir uma disposição estável, o que determina o final da aprendizagem da RNA.

O SOM tem sido utilizado em diferentes áreas do conhecimento devido à sua grande gama de aplicações e soluções, como biologia, geologia, física, medicina, química, engenharia etc., principalmente para reconhecimento de padrões, processamento de sinais, análise e visualização de dados de dimensionalidade elevada, compressão de dados, quantização vetorial, mineração de dados e para análise de agrupamentos, classificação e amostragens (HAYKIN, 2001; JOYA et al., 2004; KOHONEN, 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

Muitos fatores foram considerados para a definição da área de estudo, dentre os quais citam-se:

- a) Região agrícola tradicional;
- b) Histórico no cultivo de agroenergéticos;
- c) Presença dos modelos de agricultura empresarial e familiar;
- d) Produção agrícola deprimida por histórico de quebra de safras em virtude de secas;
- e) Existência de unidades de processamento dos produtos agroenergéticos.

O presente estudo teve foco em 40 municípios de três microrregiões da Mesorregião Noroeste do Rio Grande do Sul (Microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa) (IBGE, 2004), num polígono delimitado pelas latitudes 27°27' e 29°01' Sul e longitudes de 53°54' e 55°47' Oeste (Figura 3.1), totalizando uma área de 1.643.252 ha. Esta região foi escolhida principalmente por sua importância e participação na produção nacional de grãos, sendo reconhecida como região “celeiro” do estado, com destaque para a produção de soja e trigo. Há um predomínio de pequenas e médias propriedades (principalmente nos municípios mais ao norte da região), enquanto que as grandes propriedades representam menos de 5% dos estabelecimentos (mais ao sudoeste), refletindo o processo de colonização¹⁹ da região e suas transformações econômicas (IBGE, 2008; MANTELLI, 2009).

¹⁹ Segundo Mantelli (2009; 2010), a colonização do noroeste do Rio Grande do Sul, ocorrida principalmente no final do século XIX, definiu a estrutura fundiária nesta região, com forte presença da agricultura de base familiar em pequenas propriedades.

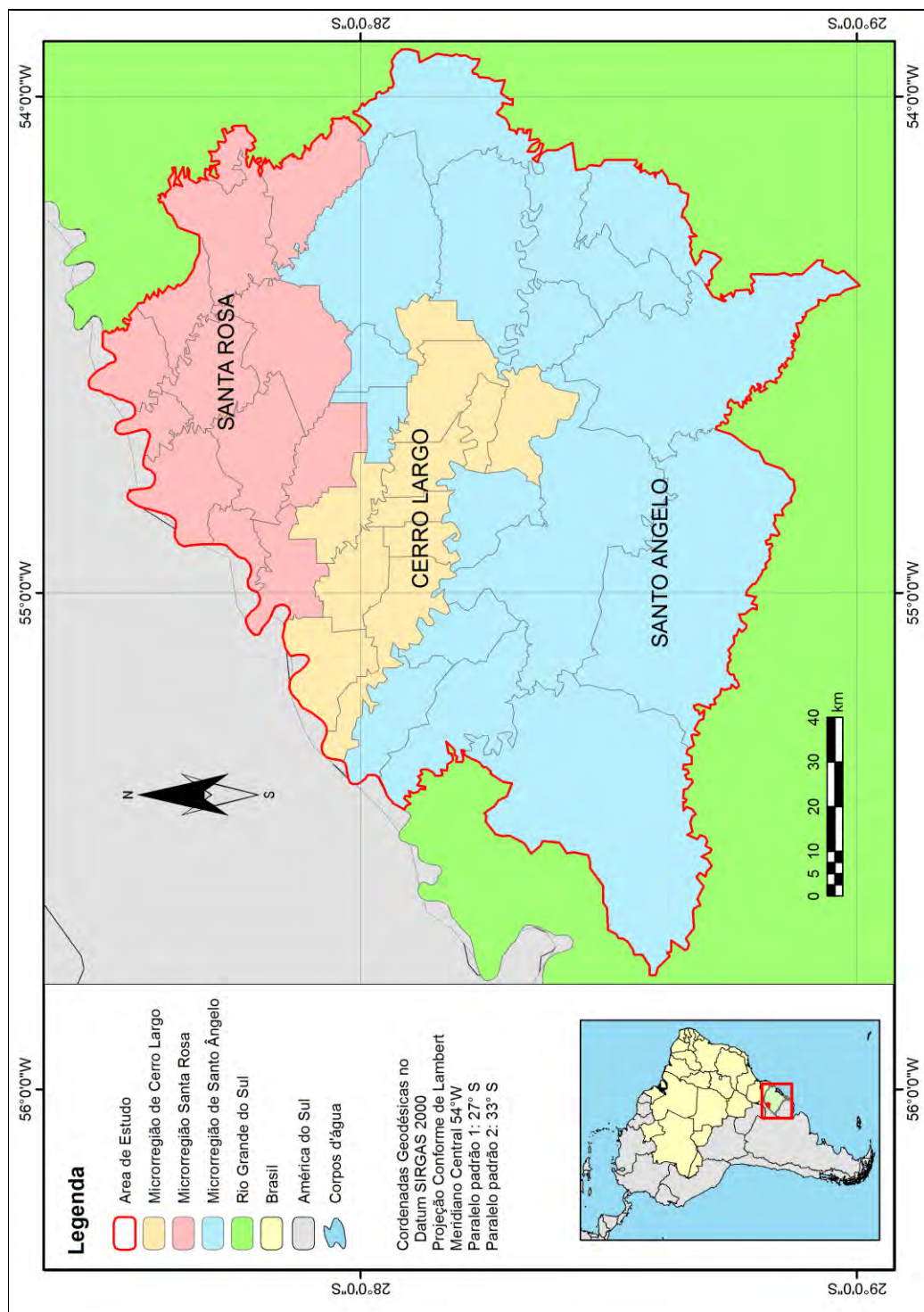


Figura 3.1 – Área de Estudo, correspondendo a 40 municípios das Microrregiões de Cerro Largo, Santa Rosa e Santo Ângelo, no noroeste do Rio Grande do Sul.

3.1.1. Clima

Pelo sistema internacional de classificação climática de Köppen, o clima do Rio Grande do Sul pertence à zona fundamental temperada ver, tipo fundamental úmido (Cf), com duas variedades específicas: subtropical (Cfa) e temperado (Cfb). A maior parte da área de estudo enquadra-se na variedade Cfa, onde a temperatura média do mês mais quente é superior a 22,0 °C. Uma pequena parte (extremo Nordeste) é classificada como pertencente ao clima Cfb, com temperatura média do mês mais quente inferior a 22,0 °C.

A temperatura média anual oscila entre 14,0 e 20,0 °C, sendo que a do mês mais quente (janeiro) varia entre 18,0 e 26,5 °C e a do mês mais frio (julho) varia entre 9,5 e 15,8 °C. Os totais anuais médios de precipitação pluvial situam-se entre 1.100 e 2.500 mm (MOTA, 1951; CUNHA, 2001). Apesar de ser bem distribuída ao longo do ano (verão 24%, outono 25%, inverno 25% e primavera 26%), em virtude da maior demanda evaporativa da atmosfera no verão, a precipitação pluvial normal neste período é, em geral, insuficiente para atender as necessidades hídricas das culturas (BERLATO, 1992).

3.1.2. Relevo

Para a FEPAM (2003), o relevo regional varia entre o muito acidentado e o relevo mais plano, dependendo da região em análise. Em nível de detalhe, identificam-se as conformações morfológicas definidas como Planalto Santo Ângelo e Planalto Dissecado Rio Iguaçu-Rio Uruguai. No ambiente de planície, identificam-se Depósitos Sedimentares do tipo Planície Alúvio-Coluvionar conformando amplas áreas planas, geralmente, agregando áreas de várzea nas calhas dos principais traçados dos mananciais hídricos.

3.1.3. Solos

O mapa e a legenda do levantamento exploratório de solos realizado pelo Projeto RADAMBRASIL na escala 1:250.000 (IBGE, 1986) apresentam as

principais classes de solos da área de estudos, com destaque aos Latossolos Vermelhos Distróficos, Chernossolos Argilúvico Férrico, Neossolos Litólicos, Cambissolos e Nitossolos Vermelhos. Estes solos estão relacionados dentre os mais férteis do Rio Grande do Sul, conferindo a esta área a alcunha de “celeiro do Estado”.

3.1.4. Vegetação / ambiente natural

Segundo o IBGE (1986; 1992), a vegetação original da área de estudo era constituída, principalmente, por três fitofisionomias: Floresta Estacional Decidual (floresta caducifólia), Savana (cerrado) e Estepe (campos). A primeira ocupava as porções médias e superiores do Vale do Rio Uruguai, distribuindo-se ao longo dos principais rios da Bacia em locais de solos profundos. A segunda formação constituía-se em relictos de clima pretérito predominantemente seco e distribuía-se ao longo de solos rasos ou de baixa fertilidade. Enquanto que as formações estépicas distribuía-se predominantemente nos locais que apresentavam tendência xeromórfica (no caso, estacionalidade fisiológica em função do clima frio) (LEITE; KLEIN, 1990; IBGE, 1992).

Atualmente, as paisagens da área de estudo encontram-se bastante antropizadas e os poucos remanescentes florestais estão bastante fragmentados, enquanto que as áreas campestres são aproveitadas para a pecuária. Entretanto, muitas áreas de campos nativos são submetidas a uma espécie de rotação entre pecuária e agricultura de grãos ou são convertidas em novas áreas agrícolas, principalmente para o cultivo da soja.

3.1.5. Estrutura produtiva

A indústria gaúcha está centrada no eixo Porto Alegre/Caxias do Sul e proximidades, destacando-se os complexos químico e metalomecânico e a indústria calçadista e moveleira, sendo pouco expressiva em outras regiões (SANTIN; REIS, 2007).

Na área de estudo, a microrregião de Santa Rosa é a mais industrializada, com importantes agroindústrias, com destaque ao agro-metalomecânico, que contribui para que a região seja considerada como o terceiro polo metalomecânico do Estado (SIQUEIRA et al., 2007).

O setor agropecuário divide o Estado em três regiões distintas: o norte, composto basicamente por pequenas e médias propriedades onde a produção inicialmente diversificada e com utilização de mão-de-obra familiar tem cedido espaço para as lavouras mecanizadas de trigo e soja; Nordeste, que se caracteriza pela presença de vários setores industriais, além de grandes concentrações urbanas; e o sul, que tem grandes e médias propriedades, com produção de arroz e criação de animais (ANDREATTA et al., 2009; ROCHA; PARRÉ, 2009).

O Rio Grande do Sul foi considerado por vários anos como um dos principais celeiros agrícolas do Brasil, principalmente durante a década de 1980. Contudo, este status foi perdido para os estados do Paraná e do Mato Grosso (ROCHA, 2004), além de algumas regiões produtivas nos Cerrados (e.g. Bahia, Tocantins e Goiás), sendo que seu segmento agropecuário continua sendo de grande importância para o país.

A agricultura desta região Sul-Riograndense é bastante tecnificada. É comum a prática de dois ciclos agrícolas por ano. Na estação de verão, a principal cultura é a soja, com um pequeno destaque para o milho, enquanto no de inverno, destacam-se o trigo, aveia e cevada. Existem, ainda, áreas de pecuária extensiva com pastagem natural (Região das Missões), que vêm sendo gradativamente substituídas pelo cultivo da soja.

Cabe destacar, o cultivo da cana-de-açúcar, que é produzida no Estado desde o período colonial, quando foi introduzida pelos portugueses. Porém, na região de estudo, atualmente a produção está restrita à agricultura de base familiar, como o caso da região de Porto Xavier, que conta com uma usina de álcool desde 1985.

3.2. Procedimentos

O método de identificação de *áreas potenciais à agroenergia* proposto para este estudo apresenta algumas premissas mínimas, como reduzir a subjetividade do analista humano; maximizar a automatização computacional; otimizar as áreas em uso e aquelas ociosas; e evitar situações de conflito que ameacem a segurança alimentar e a segurança ambiental, ou que coloquem em cheque as áreas de preservação permanente, as unidades de conservação e os remanescentes naturais dos biomas regionais.

Salienta-se que, além das infraestruturas físicas e de recursos humanos do INPE, o presente projeto também contou com recursos laboratoriais, de pessoal e de transportes da Embrapa Clima Temperados (Pelotas/RS).

Os procedimentos utilizados no presente estudo estão fundamentados nos critérios acima citados e encontram-se condensados na Figura 3.2.

3.2.1. Construção do Banco de Dados Geográficos e Estruturação de Planos de Informação em SIG

Foi realizado um levantamento das informações carto-temáticas disponíveis para a área de estudo, tais como: limites municipais, áreas urbanas, hidrografia, malha viária (WEBER; HASENACK, 2007), zoneamento agrícola (MAPA, 2009a; 2009b, 2009c), solos (IBGE, 2003), aptidão agrícola (BRASIL, 1978), vegetação, unidades ambientais (FEPAM, 2003; 2007), relevo e geologia (CPRM; SEMA, 2005). Além disso, também foram utilizados dados provenientes de censos demográficos e agropecuários, indicadores socioeconômicos (IBGE, FEE) e dados orbitais (TM, SRTM e MODIS).

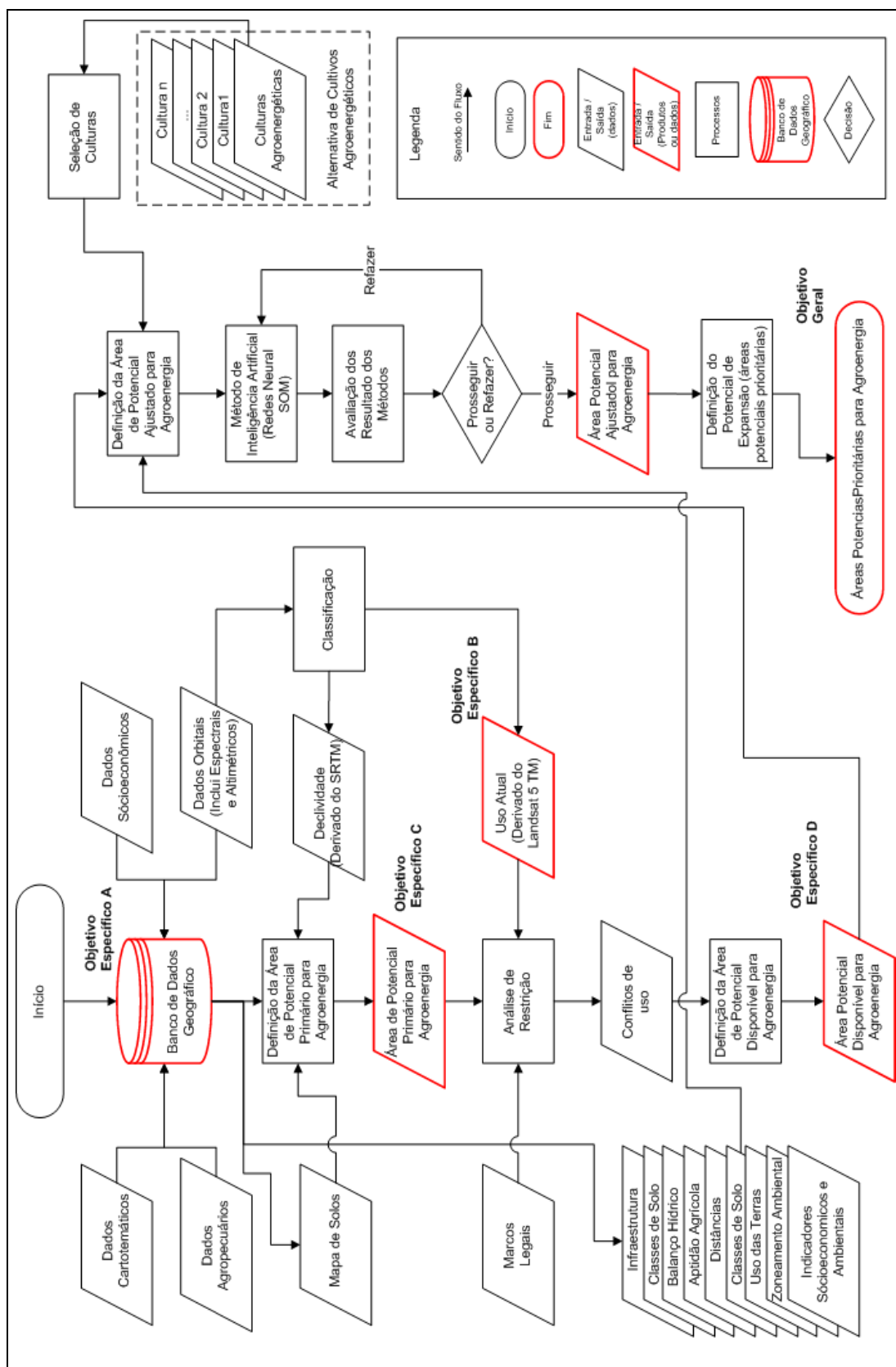


Figura 3.2 – Fluxograma dos procedimentos realizados na pesquisa.

Os planos de informação derivados das bases carto-temáticas da região de estudo foram materializados no SIG *ArcGis* 9.1[®] (ESRI 2005), com as extensões *Spatial Analyst* e *3D-Analyst* e *Geostatistical Analyst*. Todas as informações foram transformadas para um mesmo referencial cartográfico. Isto se deveu ao fato dos dados geométricos (em raster ou vetor) apresentarem-se em diferentes projeções (Lambert, Policônica, Sinusoidal, etc.), em diferentes sistemas de coordenadas (planas e esféricas), em diferentes “datums” (Córrego Alegre, SAD69, WGS84 e SIRGAS 2000) e diferentes escalas.

Deste modo, optou-se padronizar a escala de apresentação do trabalho para 1:500.000 (semidetalhe), a qual melhor traduz as feições regionais, contidas nas diferentes escalas dos materiais de origem, bem como utilizar coordenadas geodésicas (latitudes e longitudes), no datum SIRGAS 2000 (recomendação do IBGE, 2005), e pelo sistema de projeção conforme Cônica de Lambert, por se tratar de região de latitude superior a 25° S e estar em área de transição entre fusos UTM. Foram utilizados os parâmetros comumente atribuídos para o Rio Grande do Sul: a) Meridiano Central = -54°; b) Paralelo padrão 1 = -27°; e c) Paralelo padrão 2 = -33°.

Os dados alfanuméricos (qualitativos, quantitativos e ordinais), armazenados em banco de dados relacional, foram vinculados às geometrias adequadas de forma a expressarem suas propriedades no espaço. Por necessidade, alguns dados discretos foram interpolados para superfícies contínuas de forma a possibilitar alguns processos analíticos e a geração de novos planos de informação. Da mesma forma que alguns dados contínuos foram discretizados para auxiliar a extração temática.

Os dados orbitais altimétricos provenientes do SRTM Rev. 4 (*Shuttle Radar Topography Mission, Revision 4*) (JARVIS et al., 2008) foram pré-processados no software *ENVI* 4.3[®] (RSI, 2006), em seguida foram processados no SIG *ArcGis* 9.1[®] (ESRI, 2005) com as extensões *Spatial Analyst*[®] (ESRI, 2005) a

fim de se derivar a hipsometria e a declividade para se obter informações sobre densidade de drenagem e aspecto.

Os principais métodos analíticos em SIG utilizados nesta fase estão baseados em técnicas de overlay com apoio de operadores booleanos. Alguns operadores *fuzzy* e interpoladores geoestatísticos (krigeagem) também foram utilizados nesta fase.

3.2.2. Mapa de uso das terras

De forma a obter informações sobre o uso e cobertura da terra nas Microrregiões Sul Rio-grandenses em estudo, as imagens MODIS e TM foram utilizadas para a identificação de áreas produtivas, intensidade de uso, infraestrutura.

3.2.2.1. Dados Orbitais Terra/MODIS e Landsat/TM e ETM+

As imagens MODIS foram utilizadas sob forma de série temporal, a partir do ano 2000 até 2008. Foram utilizados os produtos MOD 09 (Reflectância de Superfície), MOD 13 (Grades de índice de vegetação) e MOD 43 (Função de Reflectância Bidirecional) da plataforma Terra, relativo ao tile H13V11. As imagens foram avaliadas, ano a ano, pela aplicação da análise por componentes principais, procurando-se verificar a dinâmica do uso e ocupação das terras agrícolas. Apesar da aparente desvantagem do sensor MODIS em termos de resolução espacial (250 m; 500 m, 1 km), a qualidade radiométrica, espectral e geométrica das imagens desse sensor poupam o tempo dispensado em pré-processamento, bem como permitem comparações temporais e regionais de modo eficiente.

Foram utilizados dados orbitais do sensor TM e ETM+ a bordo das plataformas Landsat 5 e 7, respectivamente, (dependendo da disponibilidade), obtidas entre os anos de 2000 e 2009, nas datas compatíveis com os calendários agrícolas das principais culturas da região. Contudo, para a obtenção do mapa de uso da

terra, optou-se pelo conjunto de quatro cenas TM, do ano/safra 2008/2009. Estes dados referem-se às seguintes órbitas/ponto (WRS): 223/79; 223/80; 224/79 e 224/80 (NASA, 2ª08a; 2008b; 2ª09a; 2009b).

3.2.2.2. Processamento Digital de Imagens

Para o processamento digital de imagens, foi utilizado o *software ENVI 4.3*[®] (RSI, 2006) e o *software SPRING 4.3.3*[®] (CÂMARA et al., 1996). Inicialmente, as imagens TM foram registradas com base em quatro cenas Landsat 7 ETM+, ortorretificadas, proveniente do acervo do *Global Land Cover Facility* (NASA, 2ª04a; 2004b; 2004c; 2004d). Adicionalmente, foi realizada uma correção atmosférica, com base na subtração do pixel escuro ou *D-S - dark objects subtracti-n* - (CHAVEZ, 1988) em todas as imagens, para minimizar os efeitos de espalhamento, absorção e refração da energia eletromagnética. Este procedimento permite compatibilizar os dados de grandes extensões territoriais ou levantamentos multitemporais, uniformizando-os na mesma escala radiométrica (SONG et al. 2001).

A partir das cenas provenientes dos sensores do Landsat, foram obtidas classificações digitais não-supervisionadas, por segmentação p"r "crescimento de regi"es" (WOODCOCK; HAWARD, 1992) e pelo algoritmo isodata (BALL; HALL, 1965) de agrupamento, e supervisionadas com o uso do algoritmo da máxima verossimilhança (FOODY et al. 1992). Além das bandas espectrais relativas a cada cena, também foram consideradas na seleção de atributos para a classificação, os índices de vegetação produzidos, as imagens fração derivadas do Modelo Linear de Mistura Espectr-I - MLME (SHIMABUKURO; SMITH, 1991) e as imagens resultantes da análise por componentes principais.

Os resultados relativos à data mais recente foram submetidos à reambulação de forma a se conhecer a acurácia da classificação e indicar os resultados mais adequados a serem utilizados nas análises em SIG. Desta forma, para calcular a acurácia, a classificação foi comparada aos dados de referência em uma

tabela de contingência possibilitando os cálculos dos índices de Exatidão Global e *Kappa* (CONGALTON; GREEN, 1999).

3.2.3. Trabalho de campo

Com o propósito de alcançar maior fidedignidade possível, previram-se atividades de campo para o presente estudo. Estas foram divididas em duas fases: a) uma destinada ao reconhecimento de campo e às tarefas do geoprocessamento, como amostragem para coleta de dados de referência, reambulação da imagem e da classificação; b) enquanto a outra serviu para conhecer e compreender alguns aspectos da cadeia de agroenergia já instalada na região ou que potencialmente podem requerer a biomassa energética produzida naquela área, por meio de visitas em loco e entrevistas.

3.2.3.1. Fase de campo para o geoprocessamento

Para esta fase, primeiramente foi necessário realizar, sobre as imagens, uma amostragem de pontos passíveis de visitação em campo. Os critérios estatísticos para a suficiência amostral usualmente utilizados, como o da função binomial (CONGALTON; GREEN, 1999), não seriam viáveis para este procedimento, em virtude da magnitude de esforço em campo necessário em relação ao tempo e recursos financeiros disponíveis.

Como alternativa, optou-se por distribuir, de forma casualizada, 250 pontos amostrais sobre o *buffer* (área de influência) de 500 m em torno do plano de informação referente à malha viária da região de estudo (WEBER; HASENACK, 2007), extraída das cartas topográficas do Exército, na escala 1:250.000. O procedimento foi executado no SIG *ArcGis* 9.1[®] (ESRI, 2005) com a ferramenta *Create Random Points*[®], da extensão *Spatial Analyst*[®] (ESRI, 2005). Esta estratégia foi adotada para que os pontos sorteados pudessem efetivamente ser visitados ou observados em campo em virtude de sua proximidade com alguma estrada (Figura 3.3).

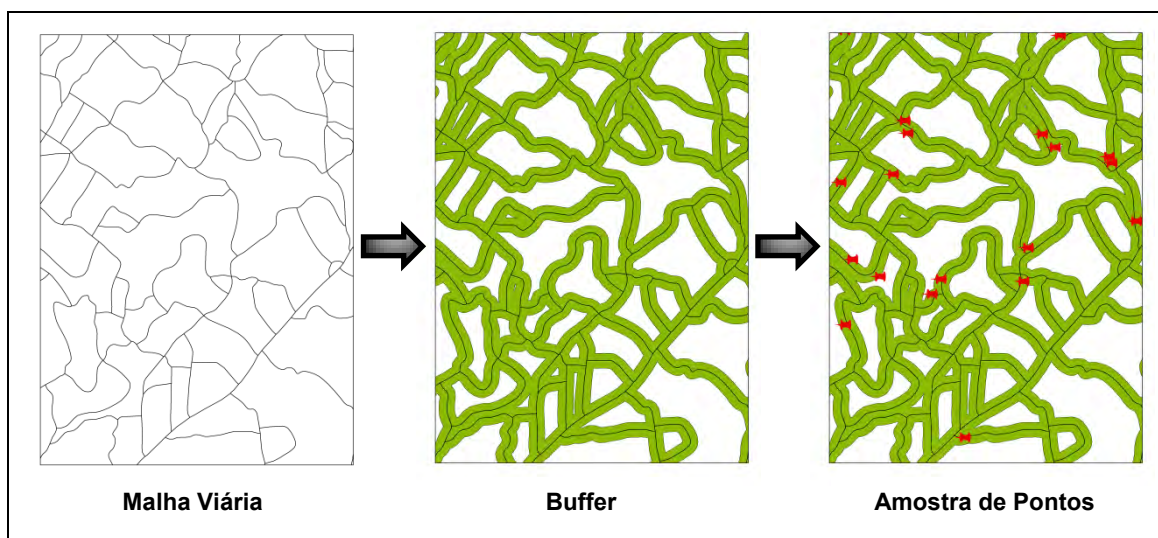


Figura 3.3 – Definição da amostra de pontos, a partir de casualização sobre *buffer* da malha viária.

Devido ao tempo disponível, foram priorizados os locais desimpedidos à agroenergia. Portanto, muitos pontos amostrais referentes às áreas urbanas e corpos d'água foram deliberadamente desconsiderados em campo.

A materialização das coordenadas dos pontos amostrais em campo se deu com o auxílio de um *smartphone* com GPS (Samsung OMNIA® GT-I8000/M8), antena repetidora externa e os softwares *NoniGPSPlot* v. 2.80j® (EGUERRE, 2009), para a localização dos pontos, e *GPS2Blue* v. 1.4® (PALUDOUR, 2006) para transmitir os dados para o Notebook, via Bluetooth. Esse mesmo equipamento permitiu obter fotos de qualidade com coordenadas geográficas inclusas nos cabeçalhos dos arquivos de imagem. No Notebook os dados recebidos via Bluetooth foram processados no SIG *ArcGis* 9.1® (ESRI, 2005), com o uso da ferramenta *GPS toolbar*, em tempo real, sobre o mapa, gerando um PI de pontos e rotas utilizados em campo.

3.2.3.2. Fase de campo para entrevistas

Com o propósito de obter informações sobre as matérias primas utilizadas para a produção de biocombustíveis, procedência, mercado, relações com fornecedores e consumidores de matéria-prima, dentre outros dados,

procedeu-se um levantamento de dados (*survey*) por entrevista semi-estruturada (BABBIE, 1999) a qual está baseada em uma conversa dirigida por um roteiro focado em um determinado assunto, contendo uma relação dos principais elementos a serem esclarecidos (MANZINI, 2004).

O alvo deste levantamento foram alguns representantes da indústria de biocombustíveis instalados na região, em projeto de instalação ou que comprem matéria-prima na área de estudo, selecionados a partir de dados disponíveis nos web sites da ANP²⁰, da Embrapa²¹ e do governo do Estado do Rio Grande do Sul²², que concordaram em participar da pesquisa, bem como informantes da Embrapa e da Emater/RS e alguns produtores rurais.

3.2.4. Obtenção da Área de Potencial Primário à Agroenergia (APPA)

Considerando uma região de interesse, a *Área de Potencial Primário à Agroenergia (APPA)* foi obtida pela integração dos planos de informação (PIs) referentes a limites municipais, solos, relevo e zoneamentos agrícolas (que já consideram os riscos climáticos) e bacias hidrográficas

Em síntese, esta integração resultou no total de áreas agricultáveis da região de interesse e foi realizada pelo uso do método overlay, que consiste na sobreposição de PIs, procedidas de operações algébricas e lógicas entre os PIs (MCHARG, 1992; BURROUGH, 1986; ARONOFF, 1995), complementada pela aplicação da regra de decisão da Tabela 3.1.

²⁰ <http://www.anp.gov.br/?pg=59087&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1329916079053>

²¹ http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/Orientacoes_Tecnicas/Usinas%20e%20Destilarias%20Cadastradas/DADOS_PRODUTORES_01_11_2011.pdf

²² <http://www.rs.gov.br/direciona.php?key=aW50PW5vdGljaWEbm90aWQ9ODA1OTcmY2FtcG9QZXNxdWlZYT18Tk9ST0JJT1N8JnBhZz0xJnRwQnVzPSZvcEJ1cz0mZHRpPQ==>

Tabela 3–1 - Regras de decisão para a definição das *Áreas de Potencial Primárias e Disponíveis à Agroenergia*.

Classe de Solo Declividade	Neossolo Litólico	Nitossolo Vermelho	Latossolo Vermelho	Cambissolo Háplico Eutrófico	Gleissolo
$x \leq 3$	Impróprio	Médio Potencial	Alto Potencial	Impróprio	Impróprio
$3 < x \leq 8$	Impróprio	Médio Potencial	Alto Potencial	Impróprio	Impróprio
$8 < x \leq 12$	Impróprio	Médio Potencial	Alto Potencial	Impróprio	Impróprio
$12 < x \leq 20$	Impróprio	Baixo Potencial	Baixo Potencial	Impróprio	Impróprio
$20 < x \leq 45$	Impróprio	Baixo Potencial	Baixo Potencial	Impróprio	Impróprio
$45 < x$	Impróprio	Impróprio	Impróprio	Impróprio	Impróprio
Outras classes de Restrição	Manchas Urbanas	Área Militar	APP e Unidades de Conservação,	Reservas Indígenas e Sítios Arqueológicos	Corpos d'água e Afloramento Rochosos
Status	Impróprio	Impróprio	Impróprio	Impróprio	Impróprio

3.2.5. Obtenção da Área de Potencial Disponível à Agroenergia (APDA)

Tendo obtido APPA, torna-se necessário realizar uma *análise de restrições*, que leva em conta o uso atual das terras e os marcos legais (nacionais e estaduais, como código florestal, que define as áreas de proteção permanente; o sistema nacional de unidades de conservação ambiental, que define as unidades de conservação; e a política nacional de meio ambiente).

Deste modo, de acordo com o preconizado pelo Código Florestal (Lei Federal Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965) e pelas resoluções do CONAMA Nº 302 e Nº 303 (de 20 de março de 2002) (CONAMA, 2008), que versam sobre as áreas de preservação permanente – APP, estas foram adaptadas à escala de trabalho adotada e materializadas em ambiente SIG, para viabilizar a obtenção da APDA, excluindo-se, também, as superfícies impedidas fisicamente, legalmente e institucionalmente para o cultivo agroenergético, por meio de consultas ao banco de dados geográficos – BDG, utilizando-se de operadores matemáticos e lógicos do SIG. Em suma, a APDA é obtida subtraindo as áreas de restrições acima referidas da APPA.

3.2.6. Obtenção da Área de Potencial Ajustado à Agroenergia (APAA)

A partir de APDA, torna-se necessário considerar o conjunto de variáveis relacionadas com os propósitos agrícolas e energéticos, bem como com a vocação das terras para usos agroenergéticos. As variáveis a serem consideradas foram: a aptidão agrícola, o zoneamento ambiental, as classes de solos, distância da malha viária, distância das áreas produtivas aos centros de industrialização regionais, IDH²³/IDESE²⁴ (indicadores socioeconômicos), os zoneamentos agrícolas e o zoneamento existente.

APAA é obtida via integração de APDA com os PIs acima relacionados. Esta análise de dados multivariados se deu pelo uso de Redes Neurais Artificiais, mais especificamente pela aplicação dos Mapas Auto-organizáveis de Kohonen (SOM) (KOHONEN, 2001).

Devido ao caráter não-supervisionado do RNA SOM, não há pares de dados referentes às entradas e saídas desejadas, havendo apenas os dados de entrada. O SOM em um processo cooperativo e competitivo de treinamento, “aprende” as características comuns aos padrões de entrada e então se torna apto a agrupá-los de acordo com suas semelhanças. Este comportamento é o que o torna ideal para operações de agrupamento, reconhecimento de padrões, mineração de dados, categorização e redução de dimensionalidade (KASKI, 1997; COSTA; ANDRADE-NETO, 2007).

Este procedimento foi executado nos softwares GeoSOM (BAÇÃO; LOBO, 2004), SIROSOM (FRASER; DICKSON, 2007) e *MATLAB 6.5*[®] (MATHWORKS, 2002), apoiado pelos pacotes de função *SOM toolbox V.2.0*[®] (VESANTO et al., 2000) e *Neural Network* (MATHWORKS, 2002), com metodologia análoga à utilizada por Silva (2004); Leite et al. (2006) e Ximenes

²³ Índice de Desenvolvimento ²⁴ Índice de Desenvolvimento Socioeconômico – IDESE (FEE, 2003), índice sintético inspirado no IDH.

²⁴ Índice de Desenvolvimento Socioeconômico – IDESE (FEE, 2003), índice sintético inspirado no IDH.

(2008), sendo que os resultados obtidos foram utilizados em SIG, compondo novos planos de informação. A representação geométrica dos resultados foi realizada no SIG *ArcGis 9.1*® (ESRI, 2005), com auxílio da extensão *SOM Analyst* (LACAYO-EMERYET, 2011), que conta com suporte a operações da rede neural SOM.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Recentemente, o setor produtivo primário gaúcho defrontou-se com novas alternativas de desenvolvimento econômico, impulsionado pela instalação de novas indústrias de base florestal no Estado e pela agroenergia. Esta última é vista com entusiasmo, tanto por produtores empresariais, quanto pela agricultura familiar, sendo uma potencial opção para a recuperação econômica, o desenvolvimento e a renovação do setor.

Esta nova oportunidade para o agronegócio gaúcho movimentou intensamente governo e empresários para a criação de um ambiente propício a investimentos no setor de agroenergia, fazendo com que os órgãos nacionais de gestão agropecuária revissem suas posições quanto às possibilidades de desenvolvimento de uma cadeia produtiva para o setor sucroalcooleiro no Estado.

A recente inclusão do Estado no zoneamento agrícola para cana-de-açúcar, pelo Ministério da Agricultura (MAPA, 2009a), trouxe reconhecimento ao que preconizavam as universidades e os órgãos de pesquisa agropecuária, principalmente porque já havia um longo histórico de produção de culturas viáveis à agroenergia, como a própria cana-de-açúcar, soja, girassol, mamona, dentre outras.

4.1. Modelo conceitual de planejamento agroenergético regional

Diante da conjuntura bioenergética global e a disposição brasileira em posicionar-se na liderança mundial em biocombustíveis, é fortemente requerido ao país, planejar a produção de biomassa energética e sua conversão, distribuição e uso de agroenergia. Contudo características regionais e a conservação da biodiversidade devem ser respeitadas, pois, segundo RAMACHANDRA (2009) somente quando as necessidades energéticas estão integradas às preocupações ambientais em nível local e global é possível alcançar o desenvolvimento sustentável para uma região.

A proposição de um modelo conceitual de planejamento agroenergético regional (Figura 4.1), no qual o espaço geográfico destinado ao cultivo de biomassa energética necessita ser compreendido a fim de se assegurar que, de maneira adequada, o potencial produtivo de agroenergia possa ser determinado. Pois, segundo Nibbi et al. (2004) os projetos energéticos baseados em biomassa exigem uma avaliação acurada, na qual um planejamento da cadeia de bioenergia, desde a produção da biomassa até o seu processo de conversão, transporte e uso da energia, se faz necessário

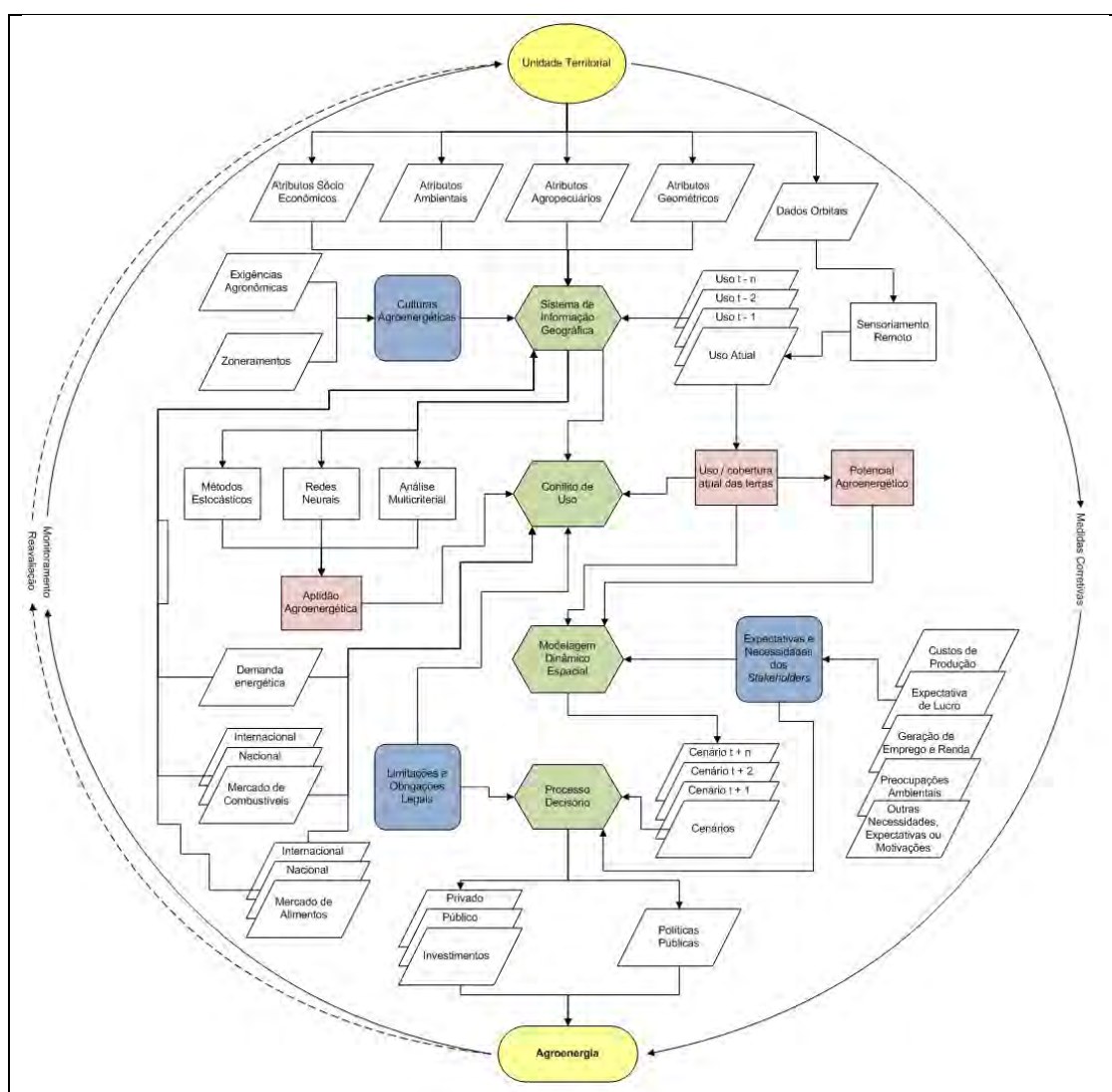


Figura 4.1 – Modelo conceitual de planejamento agroenergético regional.

Por meio de um estudo territorial prévio, as características ambientais, agropecuárias e socioambientais são levantadas a fim de avaliar a adequabilidade territorial à agricultura de energia. A este estudo acrescentam-se informações sobre o uso da terra atual e a dinâmica da cobertura dos últimos anos.

O cruzamento das informações em um SIG, por meio de métodos estocásticos, multicriteriais ou redes neurais, tendo como referência as necessidades agronômicas de algumas culturas pode estabelecer a aptidão territorial à agroenergia.

Em um segundo momento, este resultado é confrontado com o uso da terra e com a legislação vigente, em busca dos conflitos de uso e limitações, o que viabiliza medidas de mitigação e fornece o potencial agroenergético regional. Este, juntamente com mapas de uso das terras, subsidia a modelagem dinâmica espacial para a geração de cenários. Cabe salientar que nesta etapa, as expectativas dos principais *stakeholders* devem ser consideradas,

O processo decisório, público ou privado, sobre o que, onde e quando investir é etapa importante neste processo, a qual poderá lançar mão de expedientes multicriteriais, de forma participativa ou apenas deliberativa, direcionando os investimentos e as políticas à agroenergia.

O planejamento agroenergético não pode deixar de monitorar o uso da terra e o conseqüente desempenho de seus indicadores, sob pena de ameaçar seriamente o setor e, por conseguinte, o provimento de bioenergia. Portanto é necessário um *benchmarking*, incluindo-se também todos os indicadores, visando medidas corretivas que possam garantir um alto grau de eficiência energética, social, econômica e ambiental.

4.2. Potencial agroenergético das terras

De acordo com VOIVONTAS et al. (1998), para estimar o potencial de fontes energéticas renováveis, deve-se avaliar a influência das características locais, observar as limitações impostas pelas tecnologias disponíveis e ter-se em conta as expectativas econômicas.

Desta forma propõe-se, a fim de se avaliar melhor o potencial agroenergético das terras, considerar os diferentes níveis de potencialidade das áreas aptas à produção de biomassa energética (Figura 4.2), para que possa ser definido, de modo restrito ou participativo, dentre as muitas soluções ótimas, a mais adequada para o atendimento da demanda bioenergética, no momento e circunstância avaliados, para o território de interesse.

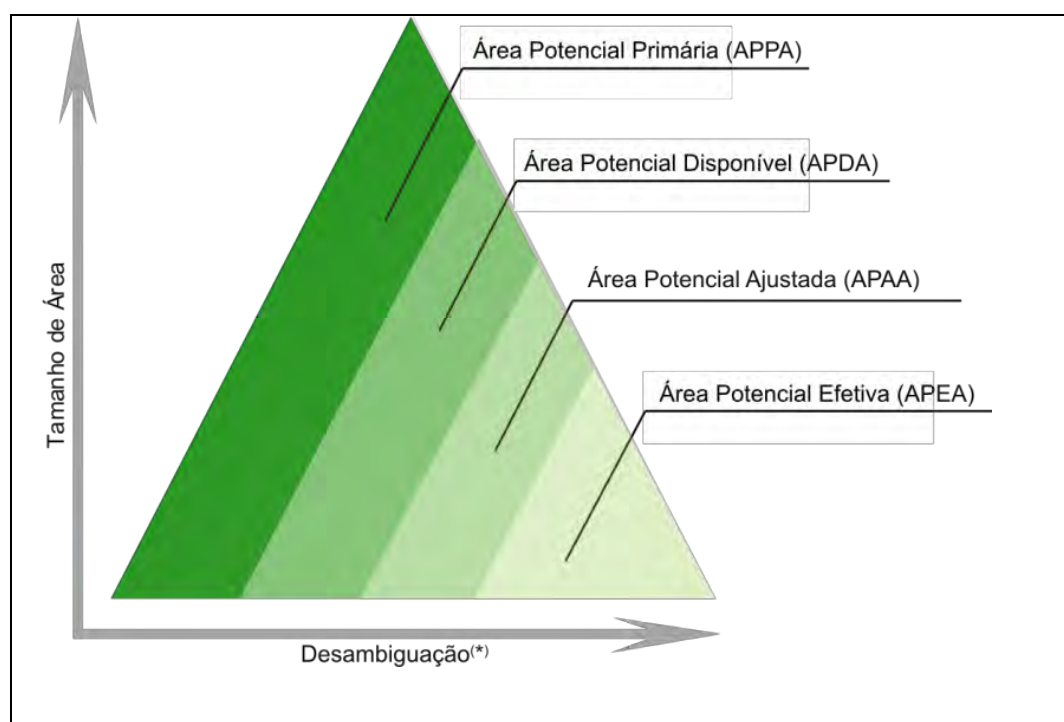


Figura 4.2 – Os diferentes níveis de potencialidade de áreas aptas à agroenergia.

(*) Desambiguação – Ato ou efeito de tornar claro, eliminação de ambiguidades (HOUAISS, 2001); refinamento em direção ao uso agroenergético.

Neste documento, o termo Áreas Potenciais Prioritárias à Agroenergia é empregado no sentido de indicar os espaços geográficos que, levando em conta critérios agronômicos, ambientais e socioeconômicos, podem ser preferencialmente vocacionados à produção de biomassa para fins energéticos em relação a outros possíveis usos.

A Área de Potencial Primário à Agroenergia (APPA) de uma região de interesse diz respeito ao conjunto máximo de áreas agricultáveis desta região, passíveis a cultivos energéticos por suas características naturais, como clima, relevo, solo, insolação e balanço hídrico.

A Área de Potencial Disponível à Agroenergia (APDA) exclui da APPA as superfícies impedidas fisicamente (ou seja, áreas de corpos d'água, cidades, afloramentos rochosos) e as protegidas legalmente (ou seja, áreas de proteção permanente, unidades de conservação, terras indígenas e biomas protegidos) para o cultivo agroenergético.

A Área de Potencial Ajustado à Agroenergia (APAA) deve levar em conta, para cada cultura energética considerada, variáveis como infraestrutura (industrialização e transporte), usos atuais das terras, aptidão agrícola, aspectos ambientais e características socioeconômicas, para excluir das superfícies de APDA as que não estão coadunadas com a cultura considerada para o recebimento de investimentos de agroenergia. Portanto, para cada cultura de interesse, haverá uma APAA distinta.

Por fim, a Área de Potencial Efetivo à Agroenergia (APEA) é resultante dos processos de desambiguação e refere-se ao potencial agroenergético cabal da região de interesse, levando-se em conta as vantagens de conversões de usos em relação aos usos já existentes e entre as culturas energéticas consideradas, além de aspectos logísticos (transporte, distribuição e beneficiamento), de custos e de consumo da agroenergia a ser produzida.

Obtêm-se então diferentes níveis de potencialidade agroenergética (alto, médio, baixo e impróprio para cultivos energéticos), sendo as de alto potencial, consideradas como as Áreas Potenciais Prioritárias à Agroenergia.

4.3. Panorama agroenergético atual (impressões sobre o trabalho de campo e das entrevistas)

O trabalho de campo se deu em duas etapas: a primeira para coleta de dados para geoprocessamento, que ocorreu entre 10 a 23 de março de 2010; e uma segunda, destinada a entrevistas para reconhecer a cadeia de bioenergia no Estado do Rio Grande do Sul, que ocorreu entre 25 de abril a 02 de maio de 2010. Esta etapa foi muito importante para entender como se dá o uso e a cobertura da terra naquela região e quão conservados estão os remanescentes das principais fisionomias naturais.

As microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa foram intensamente percorridas e as condições de uso e cobertura identificados. No total foi possível identificar em campo 154 pontos amostrais dentre os 250 inicialmente programados. Na Figura 4.3 podem-se observar os pontos visitados neste estudo, inclusive é possível ter uma noção da área recoberta.

A região de estudo encontra-se muito antropizada, seja pela agropecuária ou pela expansão urbana, fragmentando os remanescentes florestais, ameaçando os campos naturais e os sítios arqueológicos. Os principais usos e coberturas da terra identificados na região são a pecuária de corte e de leite sobre campos naturais e pastagens, agricultura intensiva e tecnificada, agricultura de base familiar, áreas urbanas, sítios arqueológicos e poucos remanescentes florestais (Figura 4.4).

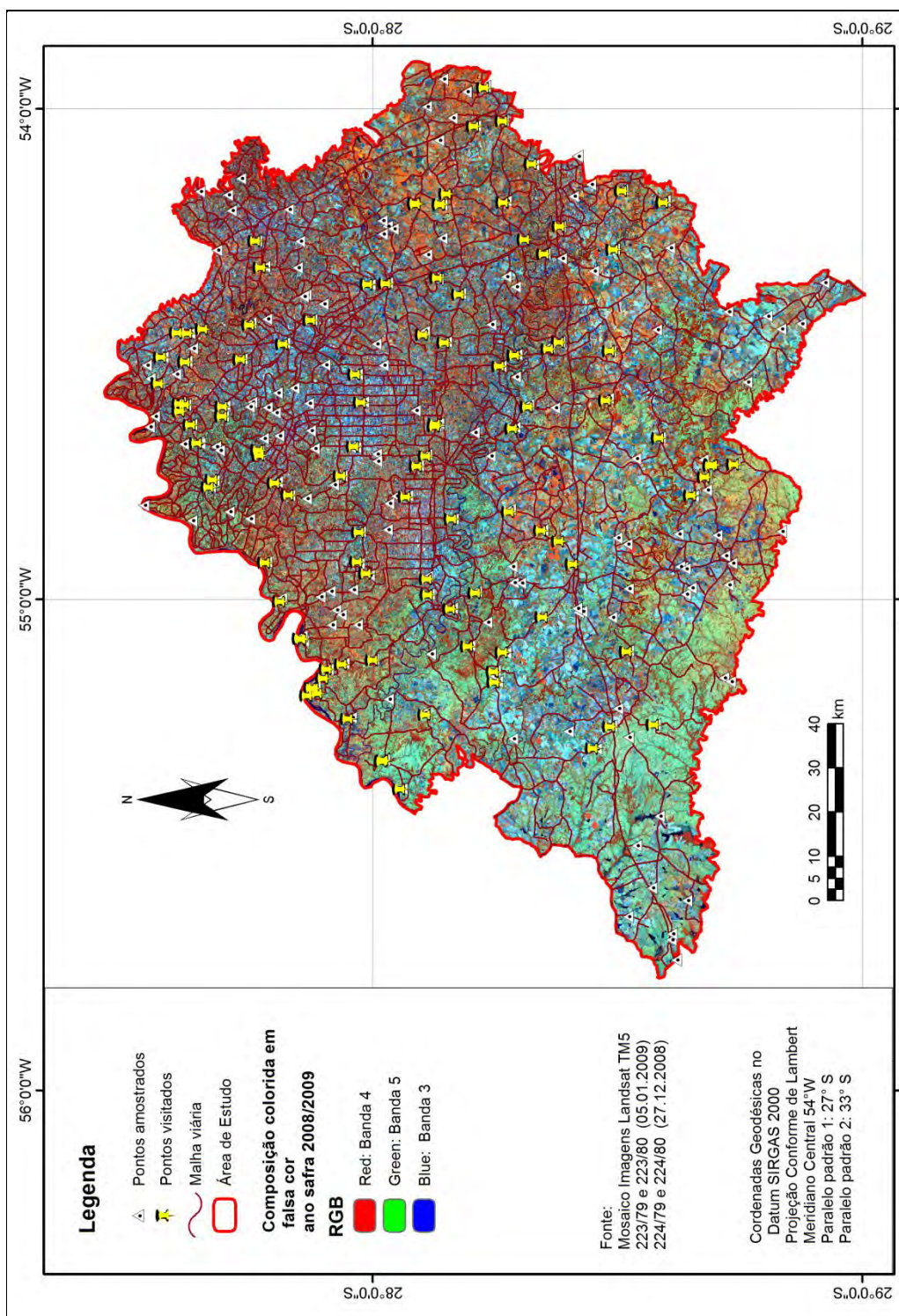
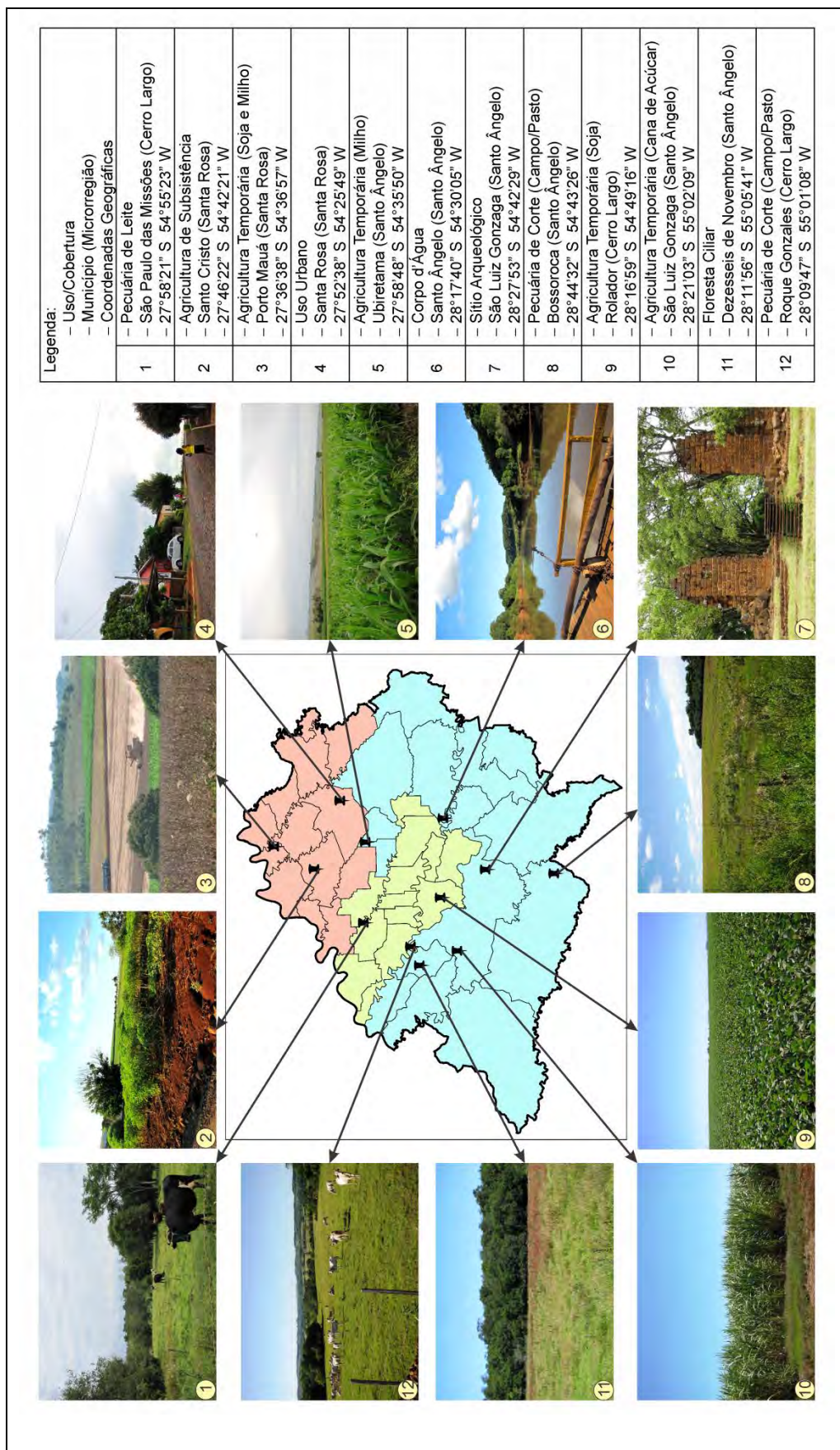


Figura 4.3 – Pontos visitados durante os trabalhos de campo nas microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa (RS).



Fotos de Adalberto Mura e Luiz Antônio Paravato Lessa (2010)
 Figura 4.4 – Principais usos e coberturas da terra nas microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa (RS).

Percebeu-se em campo um determinado padrão na distribuição destas classes de uso e cobertura, podendo-se definir quadrantes que determinam as fisionomias territoriais (Figura 4.5). Pois, os territórios ao norte do Rio Ijuí, apresentam uma característica ambiental distinta das áreas ao sul, assim como na medida em que se aproxima do Rio Uruguai, ao leste modificam-se as paisagens encontradas no oeste da região. São variações geomorfológicas, que refletem-se nas diferenças de solo, vegetação, definindo a ocupação humana e o uso das terras.

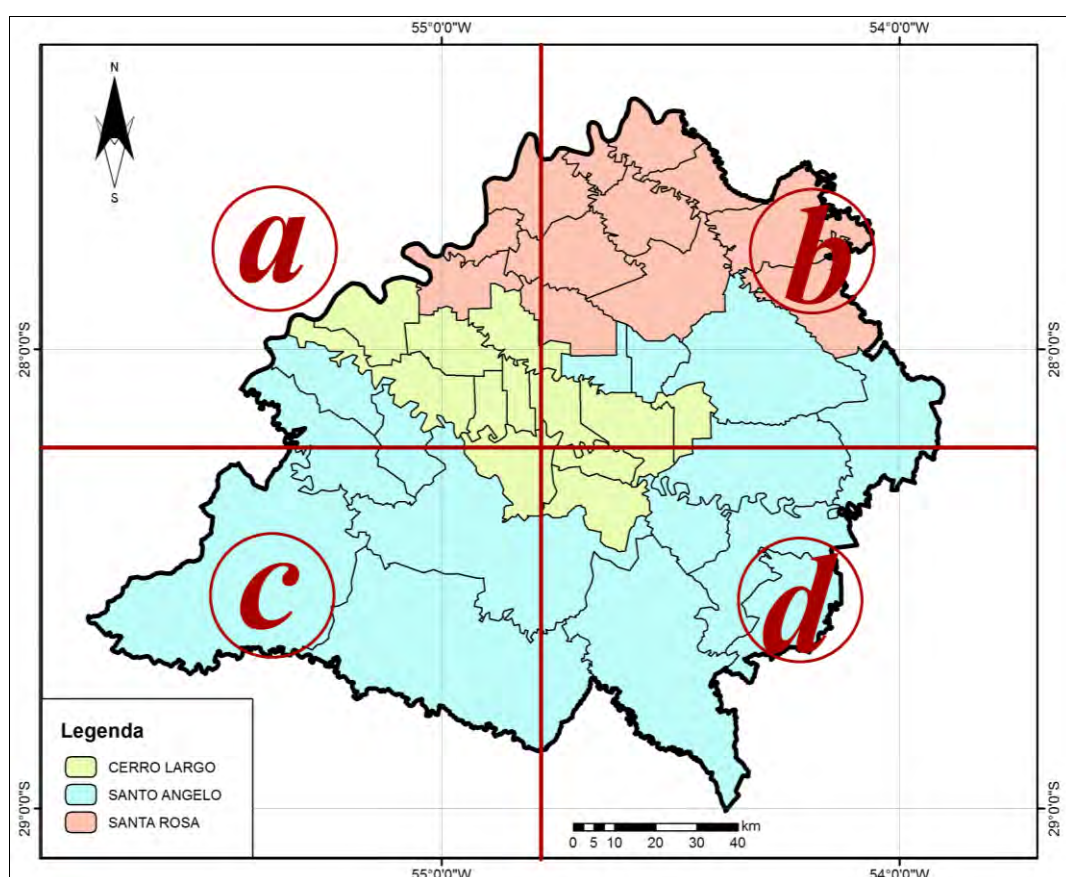


Figura 4.5 – Uso e cobertura da terra predominante, por quadrantes da área de estudo. Legenda: a) pecuária (campos/pastagens), agricultura temporária (cana de açúcar, soja, milho); b) agricultura temporária (soja, milho); c) pecuária (campos/pastagens); agricultura temporária (soja, arroz); d) agricultura temporária (soja); pecuária (campos/pastagens).

Na área noroeste (Figura 4.5a) o uso e cobertura predominante é a pecuária de corte, sobre campos naturais, o que reflete a condição de difícil mecanização do solo, onde predominam os neossolos litólicos e neossolos regolíticos, próximas a costa do Rio Uruguai. É uma região de baixa densidade populacional e de acordo com as informações coletadas, prevalece a grande propriedade.

Nos municípios de Porto Xavier e Roque Gonzales (Microrregião de Cerro Largo), cultiva-se cana-de-açúcar, que abastece a Usina da COOPERCANA em Porto Xavier. Já nos locais onde encontram-se manchas de nitossolos cambissolos e latossolos (conforme mapa de solos, IBGE 1986) observam-se lavouras temporárias ocupadas principalmente pela soja.

Ainda neste quadrante, conforme a ocorre a elevação da altitude, observa-se também uma mudança do uso das terras, passando a ocorrer a pequena propriedade, a agricultura de subsistência e a pecuária de leite. Em virtude da declividade e da dificuldade de se trabalhar a terra, observam-se os remanescentes florestais.

No quadrante referente à área norte/nordeste (Figura 4.5b), encontram-se os melhores solos para agricultura da região (nitossolos, latossolos e cambissolos), refletindo diretamente no uso do solo, no qual predomina a agricultura temporária (culturas de verão e inverno) intensiva e tecnificada, destacando-se a soja e o milho, praticadas, em geral, em pequenas e médias propriedades.

Em conversas com os agricultores, observou-se que a muitos dos jovens não tem interesse no trabalho no campo preferindo concentrar-se nos pólos regionais (Santa Rosa e Santo Ângelo) ou buscar oportunidades na capital do Estado. Como resultado tem-se uma população rural envelhecida cujos proprietários preferem arrendar suas áreas à lavrar a própria terra.

Na área sudeste (Figura 4.5c), não se nota um predomínio de uso ou cobertura das terras, ocorrendo a pecuária de corte e leite, e as lavouras temporárias (culturas de verão e inverno), presença de sítios arqueológicos. Os remanescentes florestais resumem-se às florestas ciliares.

Contudo no quadrante sudoeste (Figura 4.5d) predominam os campos e pastagens, pois o solo é raso ou pedregoso (neossolo litólico) com muitos afloramentos rochosos, inviabilizando em muitos locais o uso agrícola. A agricultura temporária ocorre nas áreas de nitossolo e latossolo com culturas de inverno e verão, com destaque para a soja e, nas várzeas mais a oeste, o arroz irrigado.

Nas conversas com os produtores rurais, uma questão recorrente é relativa às estiagens recorrentes e os problemas econômicos associados. Muitos produtores estão buscando alternativas, como irrigação por pivot, pecuária extensiva e agroenergia, em especial o cultivo de cana-de-açúcar.

A região conta desde a década de 1980 com uma usina de etanol, implantada sob o âmbito do PROÁLCOOL, que desde então tem produzido o biocombustível. Há projetos de outras duas usinas de etanol na região, entretanto há dificuldades de captação de recursos para sua implantação.

Há unidades de esmagamento de grãos para produção de óleo vegetal na região (STAEVIE, 2006), todos localizados nas periferias dos centros urbanos. Segundo dados da ANP (2011), há no estado sete usinas de biodiesel autorizadas para operação e comercialização, com uma capacidade produtiva autorizada de 4.687,33 m³/dia. Contudo, apesar de não haver usinas de biodiesel na região de estudo, há unidades de recebimento, armazenamento ou esmagamento de grãos destas indústrias e operações para compra de óleo vegetal.

Segundo os informantes das indústrias de biodiesel, a capacidade instalada está aquém de seu limite, e requerem à ANP autorização da ampliação da

produção. Outrossim, a indústria tem grande interesse na produção de grãos da área do estudo, principalmente dos produtores familiares, visando os benefícios do “Selo Combustível Social” outorgado pelo MDA. Este selo confere às indústrias que promovem a inclusão de agricultores familiares ao adquirirem matéria-prima (30% na região Sul) ou apoiarem projetos sociais, isenção de tributos (PIS/Pasep e Cofins), participação assegurada de 80% do biodiesel negociado nos leilões públicos da ANP, acesso às melhores condições de financiamento junto a instituições financeiras e a possibilidade de uso do Selo para promover a sua imagem no mercado.

4.4. Mapa de uso das terras

Inicialmente, por meio de uma análise de uma série temporal (anos 2000 a 2008) de imagens MODIS, produto MOD13A (índices de vegetação EVI e NDVI, resolução temporal de 16 dias e 1km de resolução espacial), identificou-se as áreas de maior dinâmica de uso em contraste com aquelas mais estáveis. Na Figura 4.6 podem-se observar as áreas de matizes vermelha e magenta, que caracterizam os locais de intenso uso das terras. Neste caso, tratam-se das lavouras temporárias, em muitos locais com culturas de verão e inverno, representadas principalmente pelos cultivos de soja e milho. Na mesma figura, as áreas de tonalidade amarelada à verde claro representam os locais de baixa dinâmica temporal, nas quais o principal uso/cobertura refere-se aos campos naturais, pastagens, florestas ciliares e outros remanescentes florestais.

O uso deste expediente foi muito importante e apropriado para definir o quê procurar e onde procurar em campo, bem como a forma e intensidade de utilização da terra na região de estudo. Como a resolução espacial é baixa, os dados MODIS não foram aproveitados para a produção do mapa de usos por classificação digital de imagens.

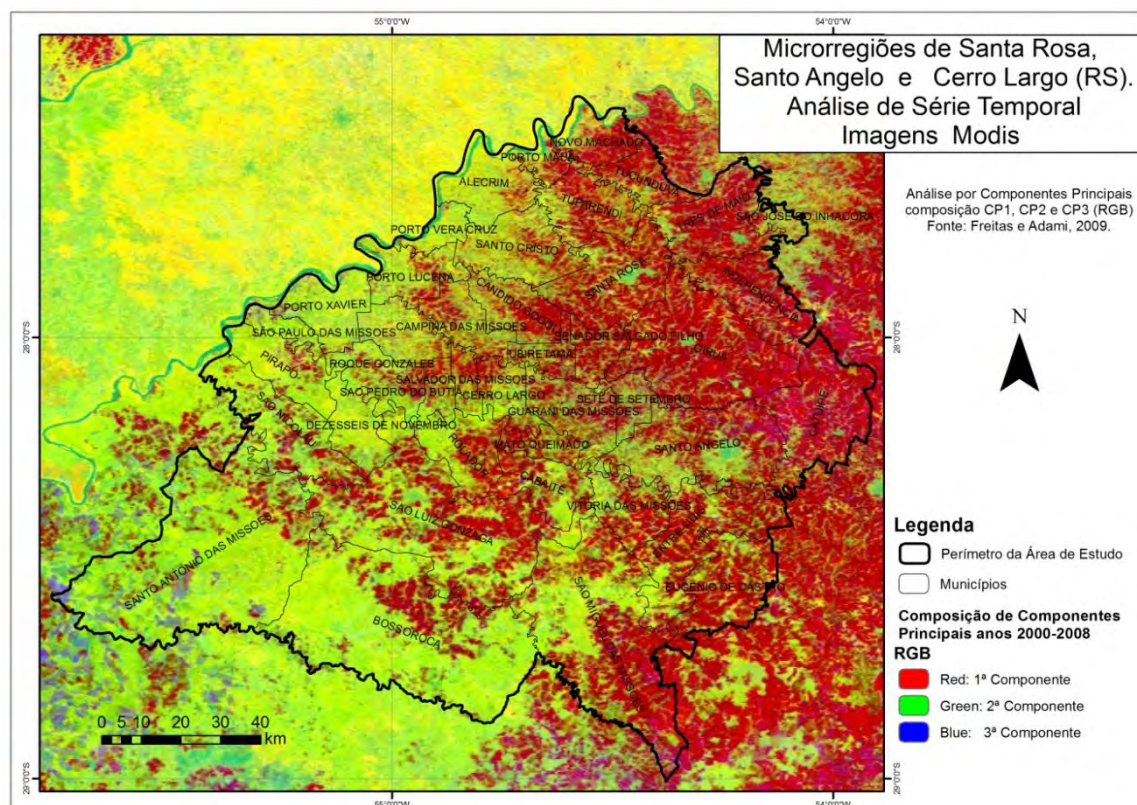


Figura 4.6 – Análise de Série Temporais de imagens MODIS, por meio de Análise de componentes principais, para as microrregiões de Cerro Largo Santo Ângelo e Santa Rosa (RS).

Com o propósito de subsidiar outros desenvolvimentos do projeto, com a obtenção das Áreas de Potencial Ajustado à Agroenergia, foi obtido um mapa de uso das terras, a partir de dados orbitais Landsat TM (Figura 4.7). Neste mapa estão representadas as seguintes classes de uso: Lavoura, Campo/Pasto, Floresta, Urbano e Corpos d'água.

A classe de uso e cobertura mais expressiva para área de estudo refere-se à atividade agrícola (65%), seguido dos campos/pastagens (24,6%) (Tabela 4.1). As áreas florestadas estão reduzidas a apenas 8,4% da área total.

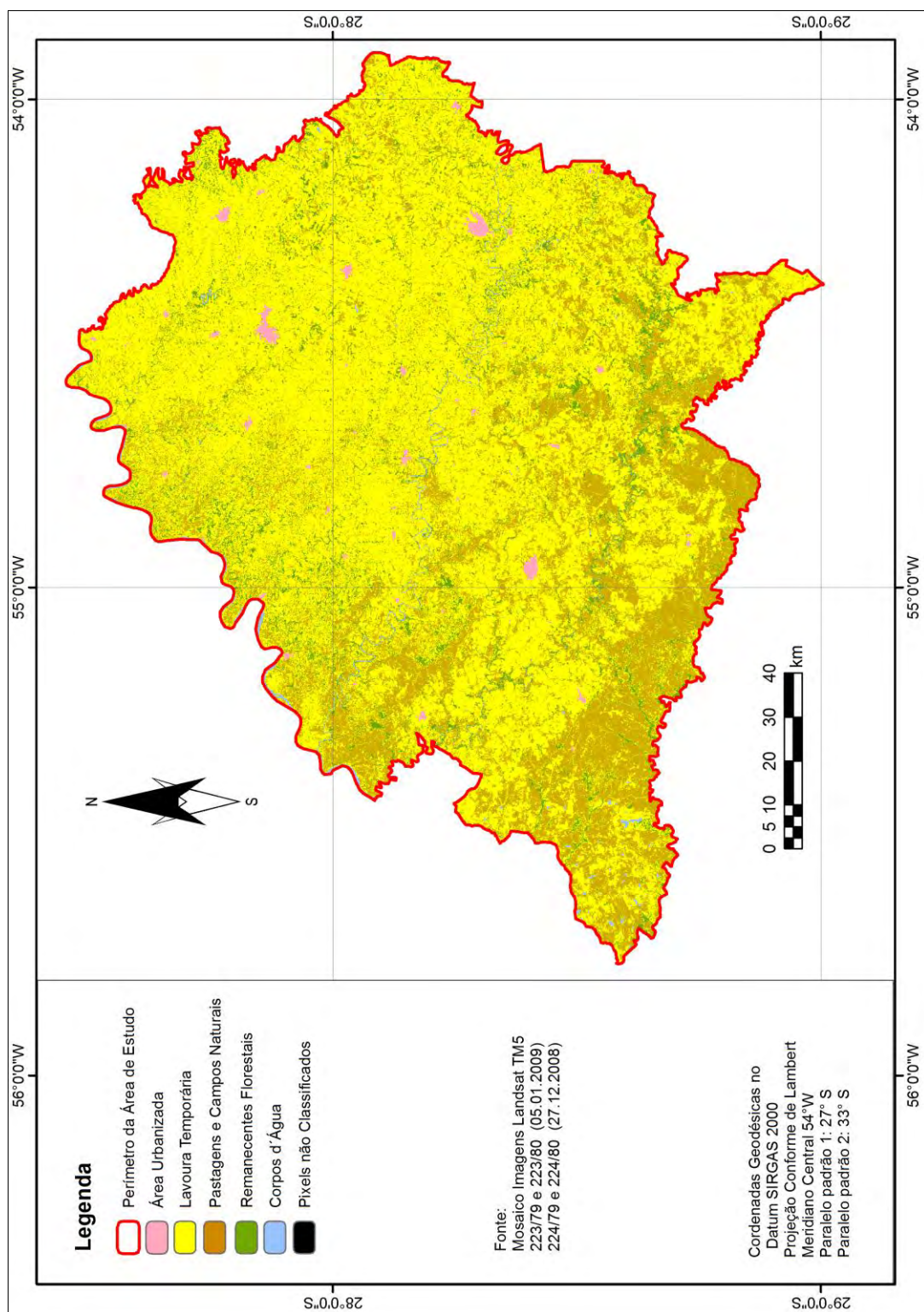


Figura 4.7 – Mapa de uso das terras, para as microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa (RS)

Tabela 4.1 – Classes de uso e cobertura da terra para as microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa (RS).

Classe de uso e cobertura	km ²	%
Agricultura	10.682,7	65,3%
Campos/Pastagens	1.375,4	24,6%
Floresta	4.093,6	8,4%
Corpos d'Água	179,5	1,1%
Urbano	103,7	0,6%
Total	16.434,9	100,0%

O mapa de uso das terras obtido da classificação de dados Landsat TM, foi submetido à uma avaliação de sua exatidão (Tabela 4.2) em relação à uma referência obtida em campo. Neste trabalho foram casualizados sobre a imagem da área de estudo 220 pontos sobre um “buffer” de 500 metros considerando a malha viária regional. Entretanto durante a expedição de campo não foi possível visitar todos os pontos amostrais em virtude do tempo disponível. Entretanto foram coletados dados de 154 pontos, nos quais se verificou *in loco* o uso atual das terras.

Obteve-se uma concordância global de 79,9% enquanto o coeficiente *kappa* foi de 67,6 %, que de acordo com Landis e Koch (1977) é uma concordância substancial. Interpretando-se o teste chi-quadrado, assume-se a classificação como aceitável para a significância de 5% e quatro graus de liberdade, pois os resultados observados não divergem significativamente daqueles que eram esperados.

Tabela 4.2 – Matriz de erros (tabela de contingência) para o Mapa de Uso das Terras das Microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa (RS), safra 2008-2009.

Observado	Esperado*						Total comissionado	erro - comissão	erro - comissão (%)	Exatidão do Usuário
	Classes	Campo/Pasto	Lavoura	Floresta	Cidade	Água				
	Campo/Pasto	39	12	0	0	0	12	0,2353	23,5294	0,7647
	Lavoura	7	67	2	0	0	9	0,1184	11,8421	0,8816
	Floresta	0	5	9	0	0	5	0,3571	35,7143	0,6429
	Cidade	0	0	0	5	0	0	0	0	1
	Água	0	0	0	0	8	0	0	0	1
	Total	46	84	11	5	8	154	—	—	—
	Total omitido	7	17	2	0	0	—	Pixels corretamente classificados = 123		
	erro - omissão	0,1522	0,2024	0,1818	0	0	—	Concordância Global = 0,7987		
	erro - omissão (%)	15,2174	20,2381	18,1818	0	0	—	Concordância ao Acaso = 0,3773		
	Exatidão do Produtor	0,8478	0,7976	0,8182	1	1	—	Tau = 0,7484		
	razão obs./esp.	1,1087	0,9048	1,2727	1	1	—	Kappa= 0,6767		
	desvio do esperado	-5	8	-3	0	0	—	Chi-Quadrado= 2,1236		
	quadrado do desvio	25	64	9	—	0	—	Graus de Liberdade (GL) = 4		
	$((obs.-esp.)^2)/esp.$	0,5435	0,7619	0,8182	—	0	2,1236	χ^2 tab p/α 0,05 e 4 GL = 9,4877		

Legenda: * Dados esperados, referem-se à verdade de campo, amostradas com auxílio de GPS.

Por outro lado, uma amostra de 154 pontos observados é pouco para uma avaliação da acurácia, segundo observa Congalton e Green (1999). Estes autores recomendam como regra prática a utilização de pelo menos 50 amostras por classe de mapa, ou a utilização de uma equação de distribuição multinomial para se chegar a um tamanho de amostra apropriado. Porém a quantidade de pontos a serem visitados em campo seria inviável para o tempo proposto. Outras formas de validação da classificação, como o uso do padrão-our71oldenden reference) (POWEL et al., 2004), também exigiriam uma grande quantidade de pontos e de especialistas em SR para avaliar a classificação da área de estudo.

4.5. Área de Potencial Primário à Agroenerg-a - APPA

Do total de 16.428 km², relativos à região de estudo, cerca de 72% (11.287,1 km²), podem ser considerados próprios para algum tipo de cultivo de biomassa energética (Tabela 4.3, Figura 4.8). Entretanto, dentre as áreas consideradas impróprias, diferentes modalidades de uso agrícola do solo atualmente são praticadas, com diferentes níveis tecnológicos. A principal atividade nestas áreas é a pecuária extensiva, muito embora sejam observados áreas de cultivo de grãos.

Tabela 4.3 – Quantificação das Áreas de Potencial Primário à Agroenergia para as microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa (RS).

Áreas de Potencial Primário à Agroenerg-a - APPA	km ²	%
Próprias (P)	8688,9	52,8%
Própria com Manejo Conservacionista (PMC)	2715,2	16,5%
Própria para Florestas Energéticas (PFE)	389,7	2,4%
Imprópria (I)	4641,1	28,2%
Total	16434,9	≈100%

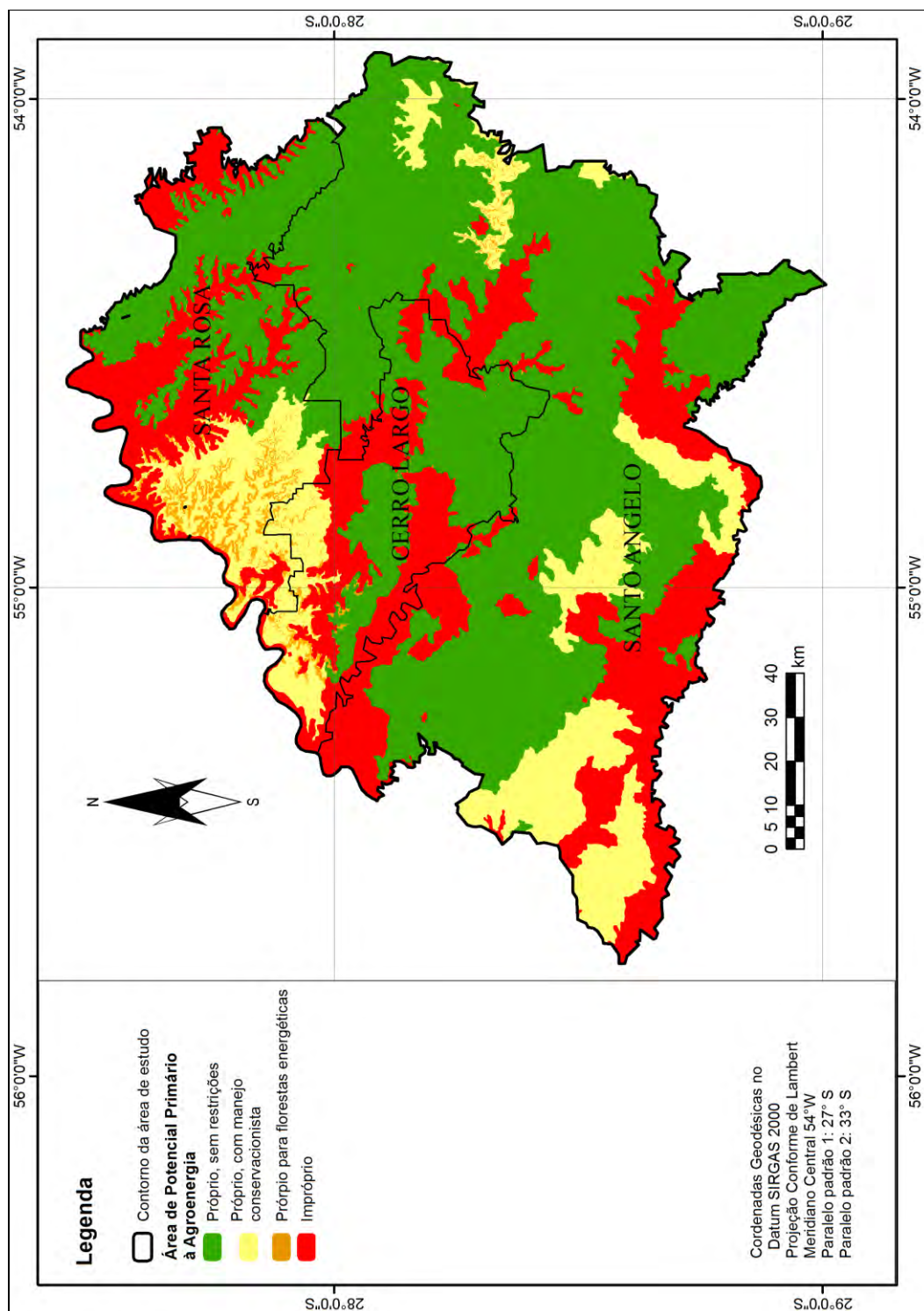


Figura 4.8 – Área de *Potencial Primário a Agroenergia* das microregiões sulriograndenses de Santa Rosa, Santo Ângelo e Cerro Largo.

Em relação às áreas consideradas próprias para florestas energéticas (389,6 km²), o total obtido poderia ser ampliado caso as áreas com cambissolos fossem incorporadas. É sabido que muitos plantios florestais ocorrem nestes tipos de solo, porém a atividade florestal sobre estes solos em relevos ondulados não é tecnicamente recomendável em função dos riscos ambientais associados.

No presente estudo, as pastagens não foram consideradas como possíveis cultivos energéticos, pois, frente ao atual nível tecnológico e cultivares utilizadas, estas não se prestam aos processos de conversão da biomassa em bioenergia. Como consequência, muitos dos locais identificados como impróprios, são na realidade aptos às pastagens, devido às condições edafoclimáticas locais, comuns para às áreas que estão sob o domínio do bioma Pampa, com reflexos diretos na cobertura e no uso atual das terras.

4.6. Área de Potencial Disponível à Agroenergia - APDA

Do total de 16.434,90 km², relativos à região de estudo, cerca de 67,5% (11.092,70 km²), podem ser considerados próprios e virtualmente disponíveis para algum tipo de cultivo de biomassa energética (Tabela 4.4), incluindo-se as áreas de alto potencial (sem restrição), médio potencial (exigem técnicas de manejo conservacionista) e as de baixo potencial (restritas às florestas energéticas) (Figura 4.9).

Entretanto, dentre as áreas consideradas impróprias (32,5%) e virtualmente inaptas ou indisponíveis ao cultivo energético, atualmente existem algumas com diferentes modalidades de uso agrícola do solo, em diferentes níveis tecnológicos. A principal atividade nestas áreas é a pecuária extensiva, muito embora sejam observadas áreas de cultivo de grãos, como soja e milho.

Tabela 4.4 – Quantificação das *Áreas de Potencial Disponível à Agroenergia* para as microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa (RS).

Microrregiões Classes	Cerro Largo		Santa Rosa		Santo Ângelo		Área Total	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Próprias (P)	816,26	35,8	1.270,34	36,1	6.120,60	57,9	8.207,20	49,9
Própria com Manejo Conservacionista (PMC)	332,82	14,2	662,05	19,0	1.520,43	14,4	2.515,30	15,3
Própria para Florestas Energéticas (PFE)	105,76	4,3	210,70	6,1	53,74	0,5	370,20	2,3
Imprópria (I)	1.099,58	45,7	1.355,20	38,8	2.887,42	27,2	5.342,20	32,5
Total	2.543,22	≈100%	3.449,16	≈100%	10.442,52	≈100%	16.436,90	≈100

No presente estudo, as pastagens não foram consideradas como possíveis cultivos energéticos, pois, frente ao atual nível tecnológico e cultivares utilizados, não se prestam aos processos de conversão da biomassa em bioenergia. Muitos dos locais identificados como impróprios, são na realidade aptos às pastagens, devido às condições edafoclimáticas locais, comuns para as áreas que estão sob o domínio do bioma Pampa, com reflexos diretos na cobertura e no uso atual das terras.

Em relação às áreas consideradas próprias e disponíveis para florestas energéticas (2,3% ou 370,20 km²), o total obtido poderia ser ampliado caso as áreas com cambissolos em terrenos ondulados fossem incorporadas. São conhecidos muitos plantios florestais que ocorrem nestas condições, apesar da atividade florestal sobre estes solos em relevos ondulados não ser tecnicamente recomendada em função dos riscos ambientais associados, porém são frequentemente praticadas em todo o país em função da disponibilidade e preço das terras bem como proximidade de plantas industriais do segmento de papel e celulose.

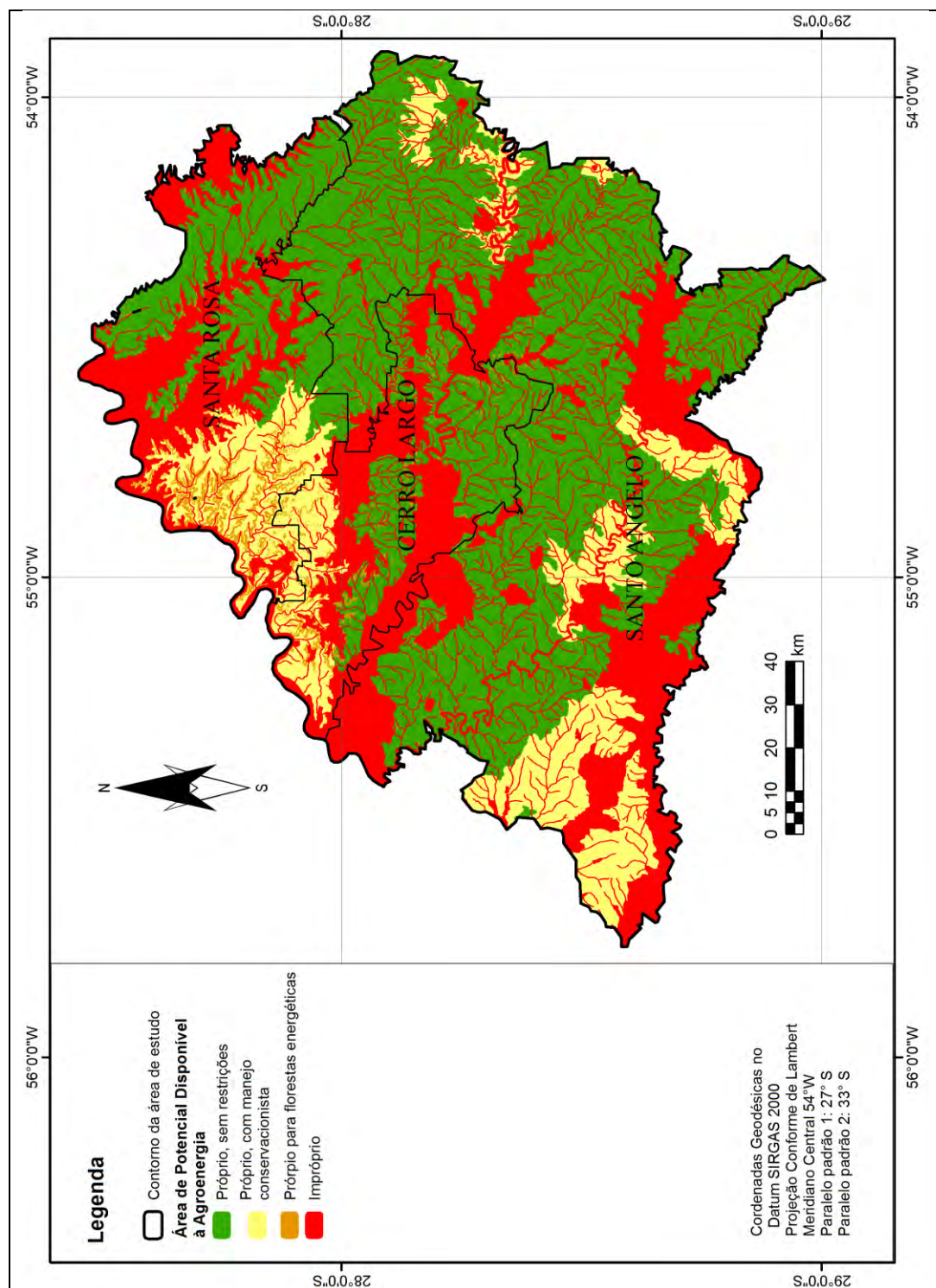


Figura 4.9 – Área de Potencial Disponível à Agroenergia das microregiões sulriograndenses de Santa Rosa, Santo Ângelo e Cerro Largo.

Dentre as microrregiões compreendidas pela área de estudo, a de Santo Ângelo concentra as áreas com alto potencial para cultivos agroenergéticos ($\approx 58\%$) e a menor quantidade de terras consideradas impróprias ($\approx 27\%$) (Tabela 4.4), contrastando com a Microrregião de Cerro Largo que reúne quantidade expressiva de áreas consideradas impróprias ($\approx 46\%$).

O método utilizado para a definição das *APPAs* e *APDAs* guardam semelhanças com os sistemas de avaliação Agrícola das Terras (FAO, 1993; RAMALHO-FILHO; BECK, 1995; ROSSITER, 1996), cujo propósito é subsidiar a decisão sobre qual atividade agrosilvopastoril é mais adequada ao território analisado em função de suas características, limitações e condições de manejo. Entretanto, o método utilizado para a *APPA* e *APDA*, objetiva apenas identificar áreas ideais à produção de cultivos agroenergéticos, não se levando conta outros possíveis usos, assim como não requer detalhes relativos à fertilidade das terras, risco de erosão, dentre outros.

Comparando-se a *APPA* e *APDA*, observou-se um aumento de 15 % na categoria das áreas consideradas impróprias (de 4.641,1 para 5.342,2 km^2), contudo, 67,5% (11092,7 km^2) da área de estudo ainda permanecem apropriadas para algum tipo de cultivo agroenergético (Tabelas 4.5 e 4.6).

Tabela 4.5 – Áreas de Potencial Disponível à Agroenergia por município, das microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa (RS).

Microrregião	Município	APDA-P		APDA-PMC		APDA-PFE		APDA-I	
		(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)
Cerro Largo	Caibaté	257,33	88,08	-	-	7,92	3,08	22,76	8,85
	Campina das Missões	224,58	-	119,28	53,11	13,32	5,93	91,98	40,96
	Cerro Largo	177,30	79,58	-	-	5,32	3,00	92,40	52,11
	Guarani das Missões	289,95	124,65	-	-	9,37	3,23	155,93	53,78
	Mato Queimado	114,81	93,65	-	-	3,11	2,70	18,06	15,73
	Porto Xavier	281,51	23,12	132,54	47,10	29,77	10,58	95,98	34,11
	Roque Gonzales	348,89	107,14	22,94	6,58	9,80	2,81	208,99	59,90
	Salvador das Missões	93,83	56,73	-	-	3,88	4,13	33,22	35,41
	São Paulo das Missões	224,43	24,58	57,76	25,74	17,31	7,71	124,78	55,60
	São Pedro do Butiá	106,64	61,32	-	-	3,72	3,49	41,61	39,01
Santa Rosa	Sete de Setembro	130,27	72,14	-	-	0,14	0,11	57,98	44,51
	Alecrim	315,83	-	109,70	34,74	54,08	17,13	151,96	48,13
	Cândido Godói	245,83	69,46	132,04	53,71	22,61	9,20	21,71	8,83
	Independência	356,93	284,87	-	-	0,13	0,04	71,73	20,11
	Novo Machado	220,69	74,74	-	-	3,48	1,58	142,32	64,53
	Porto Lucena	249,54	-	139,79	56,03	35,32	14,16	74,39	29,82
	Porto Mauá	105,29	19,46	-	-	2,69	2,55	83,12	78,96
	Porto Vera Cruz	111,89	-	58,41	52,23	33,71	30,14	19,73	17,64
	Santa Rosa	488,28	291,64	28,78	5,89	3,97	0,81	163,89	33,56
	Santo Cristo	366,69	36,69	192,92	52,61	42,47	11,58	94,61	25,80
	São José do Inhacorá	77,55	4,49	-	-	0,04	0,05	72,36	94,12
	Três de Maio	421,36	222,49	-	-	3,43	0,81	194,51	46,26
	Tucunduva	180,52	132,81	-	-	4,89	2,71	42,77	23,70
	Tuparendi	308,24	84,70	-	-	3,96	1,28	219,58	71,24

(continua)

(Tabela 4.5 – Conclusão)

Santo Ângelo	Bossoroca	1592,74	552,62	34,79	340,09	21,41	3,31	0,21	692,34	43,59
	Catuípe	584,46	407,86	69,92	131,54	22,55	2,74	0,47	41,17	7,06
	Dezesseis de Novembro	217,62	74,12	34,06	-	-	3,01	1,38	140,48	64,56
	Entre-Ijuís	552,32	411,99	74,63	33,02	5,98	5,89	1,07	101,17	18,33
	Eugenio de Castro	418,26	360,73	86,53	27,01	6,48	0,09	0,02	29,06	6,97
	Girua	854,72	770,85	90,19	-	-	-	-	83,87	9,81
	Pirapó	293,54	87,39	29,77	-	-	0,82	0,28	205,30	69,95
	Rolador	293,30	137,14	46,76	-	-	2,16	0,74	154,00	52,51
	Santo Ângelo	679,18	427,68	62,97	49,16	7,24	12,90	1,90	189,44	27,89
	Santo Antônio das Missões	1710,05	370,28	21,71	814,51	47,77	1,80	0,11	518,63	30,41
	São Luiz Gonzaga	1296,84	986,54	76,07	95,28	7,35	7,09	0,55	207,93	16,03
	São Miguel das Missões	1226,89	807,19	65,98	27,22	2,22	4,52	0,37	384,51	31,43
	São Nicolau	481,85	369,01	76,64	-	-	3,76	0,78	108,72	22,58
	Senador Salgado Filho	147,25	142,02	96,44	-	-	0,03	0,02	5,21	3,54
	Ubiretama	126,82	68,39	53,93	1,39	1,10	2,81	2,22	54,22	42,75
	Vitória das Missões	258,45	135,64	52,48	-	-	5,17	2,00	117,65	45,52

Legenda: APDA – Áreas de Potencial Disponível à Agroenergia; P – Próprias; PMC – Própria com Manejo Conservacionista; PFE – Própria para Florestas Energéticas; I – Imprópria.

Tabela 4.6 – Diferença entre as *Áreas de Potencial Natural* à Agroenergia e as *Áreas de Potencial Disponível* à Agroenergia para as microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa.

Classes	Diferença Territorial (km ²)	Variação na Participação Territorial (%)	Variação no Tamanho da Classe (%)
Próprias (P)	↓ 481,7	↓ 2,90	↓6%
Própria com Manejo Conservacionista (PMC)	↓ 199,9	↓ 1,20	↓7%
Própria para Florestas Energéticas (PFE)	↓ 19,5	↓ 0,01	↓5%
Imprópria (I)	↑701,1	↑ 4,30	↑15%

Legenda: ↓ = Redução; ↑Aumento

4.7. Área de Potencial Ajustado à Agroenerg-a -APPA

Com base nas *Áreas de Potencial Disponível* à Agroenergia, excluindo-se as classes impróprias, obteve-se a *Área de Potencial Ajustado* à Agroenergia por meio de métodos baseados em Redes Neurais, mais especificamente, o SOM (mapas auto-organizáveis) (Figura 4.10).

Foram consideradas três classes potenciais: a) baixo potencial (7,21 % ou 1.185,86 km²), no qual a conversão do uso das terras para fins agroenergéticos não é recomendada; b) médio potencial (14,16% ou 2.327,32 km²), onde o cultivo agroenergético poderá apresentar limitações de ordem logística, ambiental ou de custo, exigindo maiores cuidados na tomada de decisão; e c) alto potencial (46,11% ou 7.579,52 km²) para o qual o cultivo de biomassa energética se apresenta como opção econômica (Tabelas 4.7, 4.8 e 4.9).

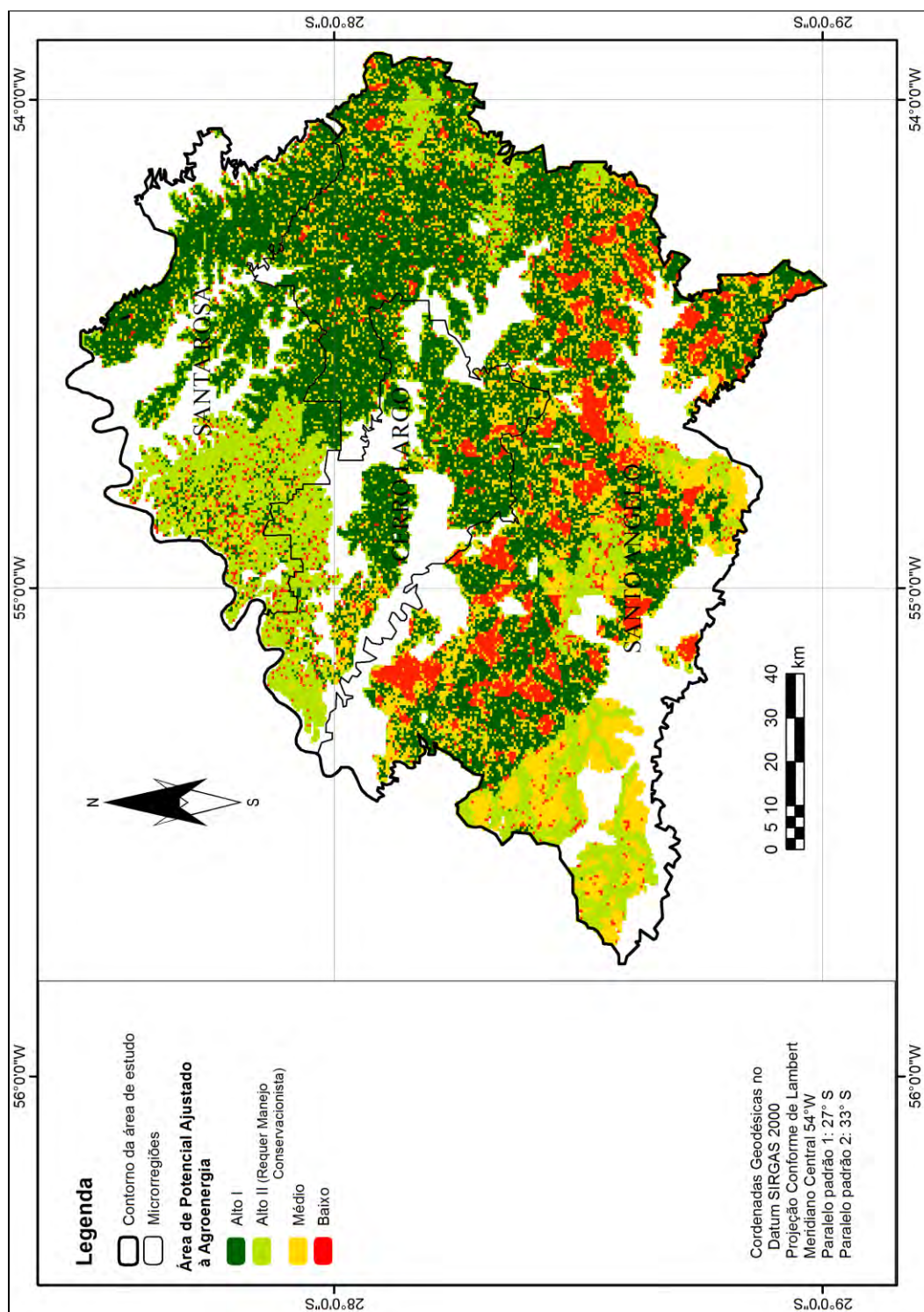


Figura 4.10 – Área de Potencial ajustado à Agroenergia das microrregiões sulriograndenses de Santa Rosa, Santo Ângelo e Cerro Largo.

A classe de alto potencial pode ser subdividida em duas subclasses, dependendo das necessidades de manejo conservacionista. Para a distinção entre as da classes de alto potencial I (31,16% ou 5.122 km²) e alto potencial II (14,95% ou 2.457,52 km²) a variável de maior peso para a rede neural SOM foi o tipo de solo, o que também determina a aptidão agrícola das terras. Para as áreas de baixo potencial, as variáveis que mais contribuíram para a sua composição foi o uso das terras (classe de uso florestal e corpos d'água) e a distância da infraestrutura viária.

Tabela 4.7 – Quantificação das *Áreas de Potencial Ajustado à Agroenergia (APAA)* para as microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa (RS).

Microrregiões APAA	Cerro Largo		Santa Rosa		Santo Ângelo		Área Total II **	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Alto Potencial	1161,36	45,66 %	1.796,03	52,07 %	4.622,13	44,26 %	7.579,52	46,11%
Médio Potencial	196,89	7,74%	197,38	5,72%	1.933,05	18,51 %	2.327,32	14,16%
Baixo Potencial	85,39	3,36%	100,55	2,92%	999,92	9,58%	1.185,86	7,21%
Área Total I *	2.543,22	-	3.449,16	-	1.0442,52	-	16.436,9	-

Legenda: * A área total da microrregião; ** Área total de cada classe de APAA.
Obs.: A tabela exclui as áreas de APDA impróprias.

Tabela 4.8 – Relação entre as *Áreas de Potencial Disponível à Agroenergia (APDA)* e das *Áreas de Potencial Ajustado à Agroenergia (APAA)* para as microrregiões de Cerro Largo, Santo Ângelo e Santa Rosa (RS).

APAA	Alto		Médio		Baixo	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Próprias (P)	5.547,84	67,60%	1.680,96	20,48%	978,40	11,92%
Própria com Manejo Conservacionista (PMC)	1.737,56	69,08%	606,231	24,10%	171,51	6,82%
Própria para Florestas Energéticas (PFE)	258,20	69,75%	86,11	23,26%	25,89	6,99%

Tabela 4.9 - Áreas de Potencial Ajustado à Agroenergia (APAA) por município de três microrregiões do Noroeste do Rio Grande do Sul e área cultivada com espécies potencialmente energéticas (IBGE, 2010).

Microrregião	Município	APAA Alto		APAA Médio		APAA Baixo		Área cultivada	
		(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)
Cerro Largo	Caibaté	257,33	60,10	59,30	23,05	26,57	10,33	172,74	67,13
	Campina das Missões	224,58	55,02	3,62	1,61	9,79	4,36	125,85	56,04
	Cerro Largo	177,30	47,88	11,42	6,44	2,12	1,19	114,08	64,34
	Guarani das Missões	289,95	48,17	17,31	5,97	2,56	0,88	269,57	92,97
	Mato Queimado	114,81	71,83	13,87	12,08	1,98	1,73	98,15	85,49
	Porto Xavier	281,51	55,32	29,77	10,58	21,48	7,63	49,02	17,41
	Roque Gonzales	348,89	33,30	43,28	12,41	11,33	3,25	140,93	40,39
	Salvador das Missões	93,83	66,41	4,29	4,58	1,31	1,40	72,46	77,23
	São Paulo das Missões	224,43	47,16	11,17	4,98	13,26	5,91	124,42	55,44
	São Pedro do Butiá	106,64	54,82	7,92	7,42	1,81	1,70	82,71	77,56
Santa Rosa	Sete de Setembro	130,27	52,50	9,59	7,36	3,67	2,82	112,83	86,61
	Alecrim	315,83	53,95	19,32	6,12	16,12	5,10	69,98	22,16
	Cândido Godói	245,83	82,16	17,60	7,16	10,69	4,35	207,06	84,23
	Independência	356,93	73,43	42,13	11,80	7,62	2,14	338,72	94,90
	Novo Machado	220,69	35,65	6,63	3,01	2,69	1,22	203,27	92,11
	Porto Lucena	249,54	61,83	17,48	7,01	23,91	9,58	85,91	34,43
	Porto Mauá	105,29	28,11	2,23	2,12	0,76	0,72	59,71	56,71
	Porto Vera Cruz	111,89	59,98	13,76	12,30	10,73	9,59	30,95	27,66
	Santa Rosa	488,28	68,75	38,33	7,85	7,52	1,54	362,94	74,33
	Santo Cristo	366,69	70,78	21,11	5,76	22,96	6,26	226,28	61,71
	São José do Inhacorá	77,55	10,52	-	0,00	0,41	0,53	40,74	52,53
	Três de Maio	421,36	58,71	17,85	4,24	6,58	1,56	387,01	91,85
	Tucunduva	180,52	70,63	19,63	10,88	2,73	1,51	177,98	98,59
	Tuparendi	308,24	38,24	10,34	3,35	2,62	0,85	272,43	88,38

(continua ...)

(Tabela 4.9 – Conclusão)

Santo Ângelo	Bossoroca	1592,74	519,55	32,62	288,91	18,14	148,89	9,35	433,27	27,20
	Catuípe	584,46	407,18	69,67	95,98	16,42	41,04	7,02	466,14	79,76
	Dezesseis de Novembro	217,62	49,02	22,52	34,84	16,01	9,85	4,53	27,02	12,41
	Entre-Ijuís	552,32	302,48	54,76	94,97	17,19	71,11	12,87	430,20	77,89
	Eugenio de Castro	418,26	220,73	52,77	107,41	25,68	64,51	15,42	362,51	86,67
	Giruaú	854,72	627,03	73,36	127,86	14,96	30,16	3,53	838,71	98,13
	Pirapó	293,54	23,18	7,90	24,22	8,25	47,12	16,05	58,40	19,90
	Rolador	293,30	116,95	39,87	23,98	8,18	9,58	3,26	191,73	65,37
	Santo Ângelo	679,18	434,79	64,02	63,16	9,30	22,25	3,28	491,58	72,38
	Santo Antônio das Missões	1710,05	690,12	40,36	473,62	27,70	86,93	5,08	440,52	25,76
	São Luiz Gonzaga	1296,84	623,64	48,09	287,13	22,14	203,92	15,72	900,83	69,46
	São Miguel das Missões	1226,89	447,34	36,46	238,06	19,40	211,57	17,24	843,78	68,77
	São Nicolau	481,85	176,57	36,64	117,21	24,33	88,97	18,46	139,03	28,85
	Senador Salgado Filho	147,25	124,99	84,89	16,60	11,28	0,29	0,20	147,23	99,99
	Ubiretama	126,82	71,00	55,98	8,38	6,61	0,85	0,67	88,14	69,50
	Vitória das Missões	258,45	113,22	43,81	30,34	11,74	11,37	4,40	152,41	58,97

Diante da necessidade de aferir os resultados obtidos e pela dificuldade estimar o mérito de prognósticos no presente, optou-se pelo emprego da técnica de *bootstrap* como instrumento de avaliação da consistência e a qualidade das estimativas da APAA para os municípios estudados.

Para tanto, foram obtidos dados relativos às áreas anualmente utilizadas por algumas culturas agrícolas e florestais (AREA), para os mesmos municípios estudados, junto aos levantamentos da “Produção Agrícola Municipal” e “Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura”, ambos do IBGE (IBGE, 2^a12a, 2012b). Todos os valores de área, por município, foram somados para constituir a variável denominada AREA. Como algumas dessas lavouras são cultivadas em sequência (safra/safrinha), na mesma área e no mesmo ano (cultivos de inverno e verão), as áreas somadas não representam a área total cultivada, mas fornecem uma noção da intensidade da atividade de produção agrícola do município (Figura 4.11).

Foram consideradas as culturas agrícolas presentes na área de estudo e com potencial de utilização para bioenergia (Amendoim; Arroz; Cana-de-açúcar; Girassol; Mamona; Mandioca; Milho; Soja; Sorgo e Trigo). Porém, algumas culturas bioenergéticas com presença relatada na região de estudo, como a canola, não tiveram suas áreas consideradas por não estarem contempladas pelos levantamentos do IBGE.

Na estimativa da área ocupada por espécies florestais, foram utilizados os dados de produção de carvão vegetal, lenha e madeira em toras, obtidos pelo levantamento Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura do IBGE (IBGE, 2012b), transformados em medida de área.

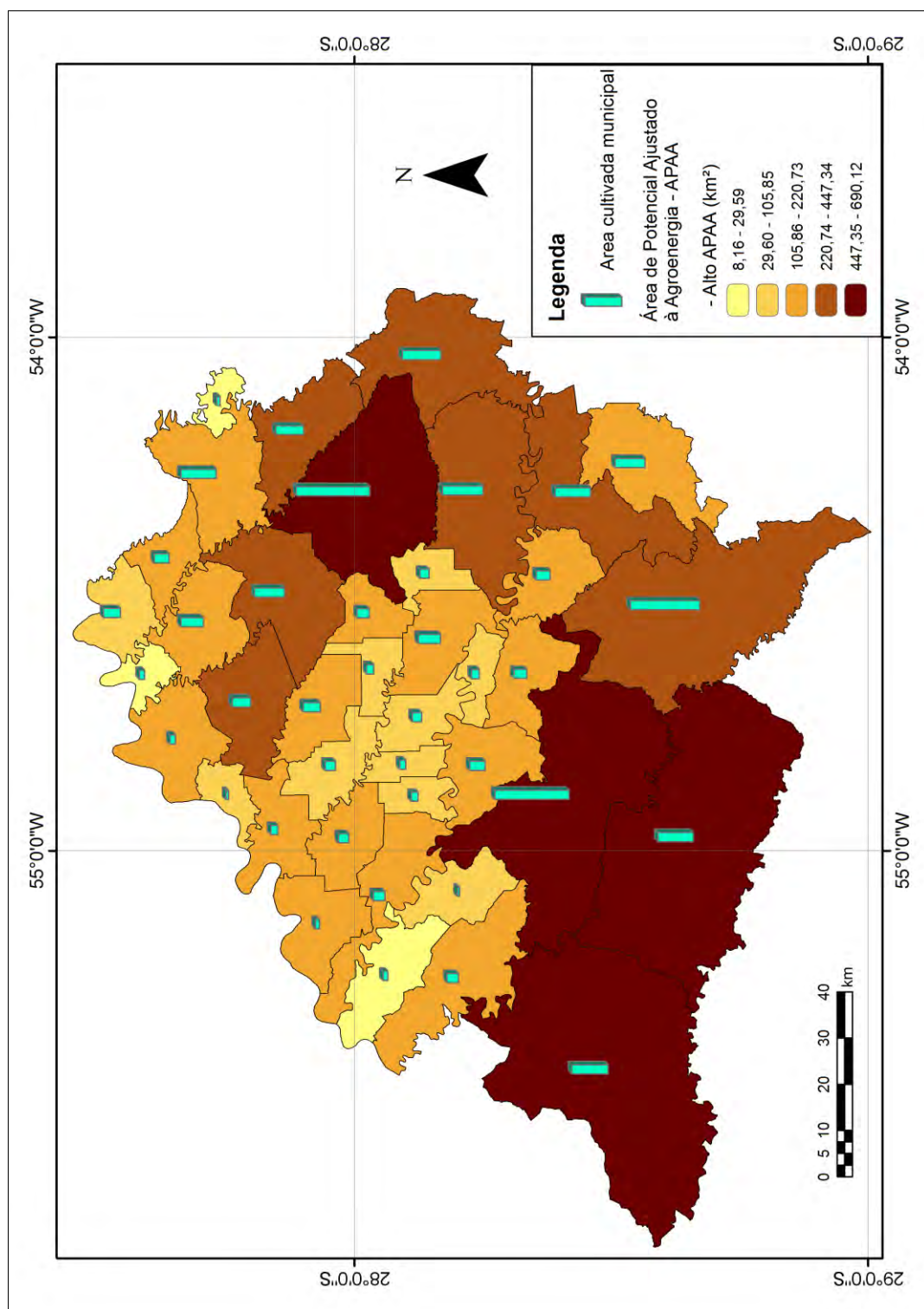


Figura 4.11 – Áreas de Potencial Ajustado à Agroenergia (APAA) de três microrregiões do Noroeste do Rio Grande do Sul. Alto Potencial por município e área cultivada com espécies potencialmente energéticas (IBGE, 2010).

Em seguida, para testar a adequação da APAA, foi calculado o coeficiente de correlação entre os valores identificados pelo método proposto (APAA) e os obtidos de forma independente (AREA). Também foram geradas 10.000 amostras *bootstrap*, nas quais os valores foram atribuídos aleatoriamente, com reposição, aos municípios, com o propósito de também calcular os coeficientes de correlação entre os valores APAA e os valores de AREA nas 10.000 amostras *bootstrap* e, a partir destas, construir uma distribuição de referência.

O coeficiente de correlação de Pearson observado (0,83602) foi superado em apenas 489 amostras *bootstrap*, o que constitui uma forte evidência da consistência do método empregado (nível de significância nominal $p = 0,0489$). Foram calculadas também as estatísticas de correlação de Spearman (0,81144) e Kendall (0,65128) e a medida da dependência D de Hoeffding (0,35355), cujos valores p obtidos pelo método *bootstrap* não paramétrico foram 0,0535, 0,0337 e 0,0394, respectivamente. Tanto a geração das amostras *bootstrap* como os cálculos das correlações foram realizados no software SAS (SAS, 2010).

Contudo, os procedimentos de correlação também revelaram que alguns municípios, como Bossoroca, Santo Antônio das Missões e São Miguel das Missões, apresentaram comportamento diverso do que seria esperado, quando comparado aos demais (Figura 4.12).

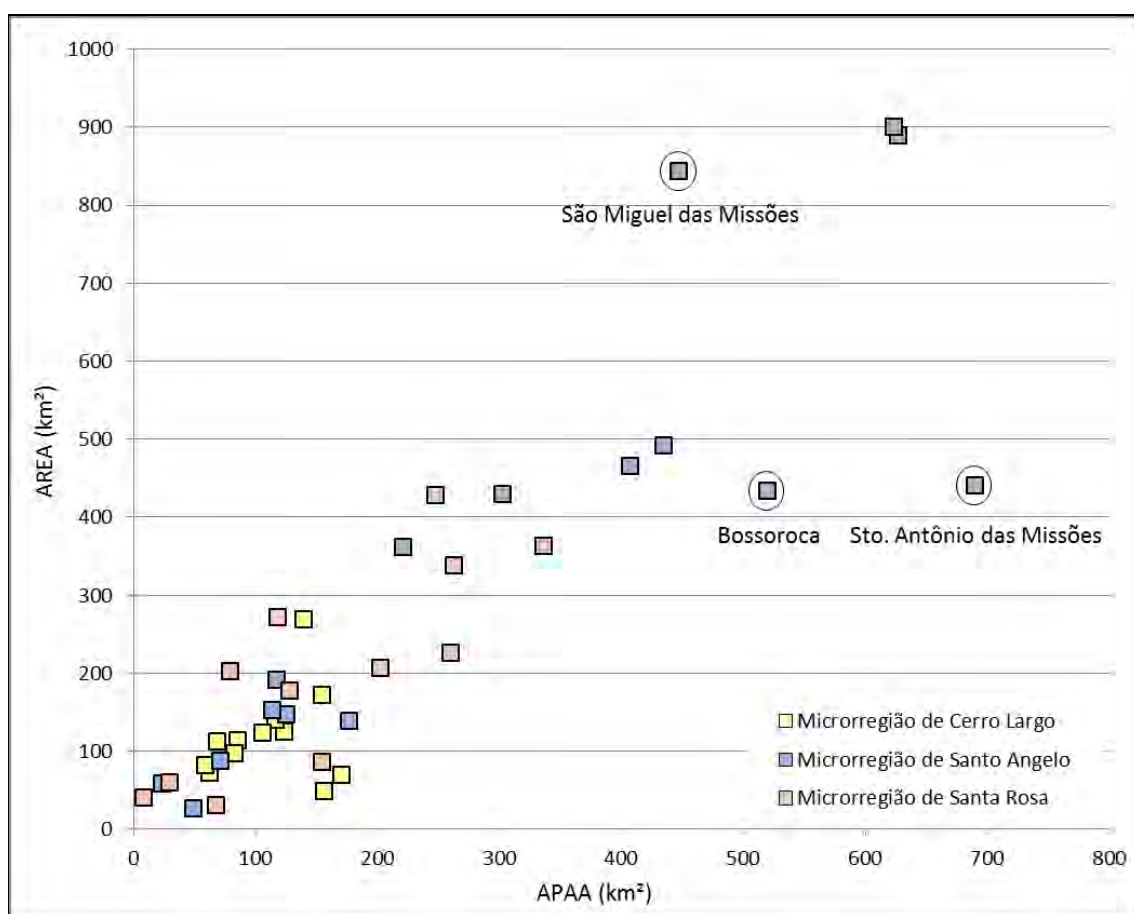


Figura 4.12 – Relação entre área cultivada (AREA) e as Áreas de Potencial Ajustado à Agroenergia (APAA) para os municípios de três Microrregiões do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A energia derivada da biomassa, desde que bem planejada e manejada pode contribuir para a segurança energética e alimentar das nações, bem como para a redução de emissões de GEE, de forma ambientalmente sustentável, socialmente responsável e economicamente rentável. Neste contexto, o presente estudo contribui ao sugerir que a análise territorial para fins energéticos possa ser realizado em diferentes instâncias (APPA, APDA e APAA), para que o processo decisório sobre a conversão das terras seja o melhor possível.

O emprego de níveis de potencialidade das terras para agroenergia possibilita: ampliar o entendimento regional, sistematizar diferentes procedimentos e fontes de dados, bem como reduzir a subjetividade e a ambiguidade, o que pode resultar em um aumento do refinamento do processo decisório. A maleabilidade do método empregado é um ponto a ser destacado, podendo obter-se resultados com o material cartotemático disponível e permite ser aprimorado à medida que se aumente a qualidade e a abrangência dos dados de entrada.

O mapa de usos das terras obtido permitiu atestar a predominância do uso agropecuário da região (maior que 90%), sendo que as lavouras temporárias ocupam 65% do território destacando-se as microrregiões de Santo Ângelo e Santa Rosa.

Os campos e pastagens recobrem 25% da paisagem da área de estudo, sobretudo no sudoeste das microrregiões de Cerro Largo e Santo Angelo. Entretanto, os remanescentes florestais são reduzidos (8,5%) e muito fragmentados concentrando-se junto aos principais cursos d'água e nas encostas mais íngremes.

A Área Potencial Primária à Agroenergia, oferece uma visão rápida, expedita sobre quais os territórios apresentam algum potencial agroenergético,

respondendo rapidamente quais áreas podem receber o cultivo energético, sem se preocupar com questões como uso atual, disponibilidade territorial e infraestrutura existente. Sob este critério 71,7% do território estudado pode ser considerado apropriado para alguma forma de culturas agroenergéticas (52% de áreas Próprias, 16,5% Próprios com Manejo Conservacionista e 2,5% Próprios exclusivamente para Florestas Energéticas).

Ao considerar os territórios aptos aos cultivos energéticos que estejam em consonância aos limites ambientais, legais e institucionais obteve-se as Áreas de Potencial Disponível à Agroenergia, que neste estudo totalizou 67,5 % do território analisado (49,9% de áreas Próprias, 15,3% Próprios com Manejo Conservacionista e 2,3% Próprios exclusivamente para Florestas Energéticas). Entretanto, quando confrontado com o uso atual da terra, verifica-se a superutilização do território em discordância com o que estabelece a legislação vigente e as boas práticas agronômicas.

Quando se avalia as *Áreas de Potencial Ajustado à Agroenergia*, apenas 46,11% da área de estudo pode ser considerada como de alto potencial para o uso agroenergético e, portanto, consideradas prioritárias para conversão à agroenergia. Este resultado, de maior refinamento, contribui para a tomada de decisão quanto aos locais passíveis de investimento em biomassa energética. A Microrregião de Santo Ângelo concentra a maior parte das terras (52,07%) consideradas como de Alto Potencial Ajustado à Agroenergia.

Cabe destacar, neste nível, o uso da rede neural SOM a qual permitiu a visualização de dados multidimensionais e uma auto-organização dos dados o que facilitou o reconhecimento de padrões e a identificação de agrupamentos afins.

Os resultados obtidos foram aferidos pelo emprego da técnica de *bootstrap* não paramétrico. O coeficiente de correlação de Pearson observado (0,83602) foi superado em apenas 489 amostras *bootstrap*, o que constitui uma forte

evidência da consistência do método empregado (nível de significância nominal $p = 0,0489$).

Entretanto os Municípios de Santo Antônio das Missões, Bossoroca, São Luiz Gonzaga e São Miguel das Missões se afastaram do comportamento dos demais, indicando um viés relacionado à posição espacial dos municípios ou a existência de grupos de municípios vizinhos cujas características agropecuárias são fortemente determinados por alguma particularidade local ou regional que não foi levada em consideração.

Em função da experiência adquirida durante a realização da presente pesquisa, como recomendações para desenvolvimentos futuros, sugere-se:

- a) Compreender a dinâmica espacial da ocupação agrícola
- b) Identificar, por meio da Análise de Autocorrelação Espacial, a estrutura de correlação espacial que melhor descreve o padrão de distribuição dos dados, evidenciando como os valores estão correlacionados no espaço.
- c) Obter Área de Potencial Efetivo à *Agroenergia* como forma de aperfeiçoar o processo decisório na escolha de áreas destinadas a receber investimentos e, por meio de métodos multicriteriais, incluir variáveis econômicas de mercado de modo a melhor avaliar as terras
- d) Utilizar o SOM também para produzir o mapa de Uso da Terra, no intuito de ampliar a automação.
- e) Aplicar este método em outras regiões produtoras como forma de validar o método, avaliar sua adequabilidade e limitações.
- f) Desenvolver uma interface junto ao SIG para que a aplicação deste tipo de análise seja mais transparente ao usuário e os resultados possam obtidos com maior automação

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Boletim Mensal do Biodiesel** – dezembro/2011. Rio de Janeiro: ANP, 2011. 9p. Disponível em < <http://www.anp.gov.br/?dw=59086> > Acesso em : 10.01.2012.
- ALDEN, A. **Global warming in a nutshell**. 2005. Disponível em: < <http://geology.about.com/b/2005/07/24/global-warming-in-a-nutshell.htm> >. Acesso em: 01.05.2008.
- ALMEIDA, C.M.; PIRES, M.M.; ALMEIDA-NETO, J.A.; CRUZ, R.S. Apropriação dos recursos naturais no programa nacional de produção e uso do biodiesel. In: WORKSHOP BRASIL-JAPÃO: IMPLICAÇÕES REGIONAIS E GLOBAIS, SOBRE ENERGIA, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 3. Campinas, 23-24. nov. 2005. **Anais...** Disponível em: <<http://www.cori.rei.unicamp.br/BrasilJapao3/Trabalhos2005/Trabalhos%20Completo/Recursos%20Naturais%20Biodiesel%20Brasil.doc>>. Acesso em: 22 maio 2008.
- ALVAREZ, R. Predicting average regional yield and production of wheat in the Argentine Pampas by an artificial neural network approach. **European Journal of Agronomy**, v.30, n.2, p.70-77. 2009.
- AMORIM, G. Biocombustíveis e investimento externo. **Análise Conjuntural**, v.29, n.05–06, p. 8–10, 2007. Disponível em:<http://www.ipardes.gov.br/pdf/bol_ana_conjuntural/bol_29_3b.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2008.
- ANDERSEN, R. S.; TOWERS, W.; SMITH, P. Assessing the potential for biomass energy to contribute to Scotland's renewable energy needs. **Biomass and Bioenergy**, v.29, n.2, p.73-82. 2005.
- ANDRADE, E. T.; CARVALHO, S. R. G.; SOUZA, L. F. Programa do Proálcool e o etanol no brasil. **ENGEVISTA**, v. 11, n. 2, p. 127-136, 2009. ISSN 1415-7314. Disponível em: < <http://www.uff.br/engevista/seer/index.php/engevista/article/view/236> >. Acesso em: 20.11.2011.
- ANDREATTA, T.; BEROLDT, L. A.; WANDSCHEER, E. A. R. Origens da formação agrária sul-rio-grandense no contexto brasileiro. In: SEMINÁRIO INTEGRADOR, 1. Porto Alegre, 2009. **Anais eletrônico...** Porto Alegre: UFRGS, 2009. p. 47-70. Disponível em: < <ftp://ftp.sead.ufrgs.br/Publicacoes/derad009.pdf> >. Acesso 18.07.2009.
- ANDRIETTA, M. G. S.; STECKELBERG, C.; ANDRIETTA, S. R. Bioetanol – Brasil, 30 anos na vanguarda. **Multiciência**, Campinas, n. 7, p. 1-16, 2006.

ISSN 1806-2946. Disponível em: < http://www.multiciencia.unicamp.br/art02_7.htm >. Acesso em: 03.12. 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). Produção de biodiesel - B100 por produtor - 2005-2011 (m3). **8740.xls**, Rio de Janeiro:ANP, p. 1 arquivo (1.180 kB) Microsoft Excel 97., 2011d. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br/SITE/acao/download/?id=8740> >. Acesso em: 20.01.2012.

ARONOFF, S. **Geographic Information Systems: A management Perspective**. Ottawa:WDL Publications, 1995. 294p.

ARRUDA, L.; QUELHAS, O. L. G. Sustentabilidade:um longo processo histórico de reavaliação crítica da relação existente entre a sociedade e o meio ambiente. **Boletim Técnico do SENAC**, v. 36, n. 3, p. 53-63, 2010. ISSN 0102-549X Disponível em: < <http://www.senac.com.br/BTS/363/artigo6.pdf> >. Acesso em: 20.01.2012.

ATKINSON P. M.; TATNALL A. R. L. Introduction neural networks in remote sensing **International Journal of Remote Sensing**, v. 18, n. 4, p. 699-709, 1997.

BÅÅTH, H.; GÄLLERSPÅNG, A.; HALLSBY, G.; LUNDSTRÖM, A.; LÖFGREN, P.; NILSSON, M.; STÅHL, G. Remote sensing, field survey, and long-term forecasting: an efficient combination for local assessments of forest fuels. **Biomass and Bioenergy**, v.22, n.3, p.145-157. 2002.

BABBIE, E. **Métodos de pesquisas de survey**. Belo Horizonte: UFMG, 1999. 519p. ISBN 8570411758.

BAÇÃO, F.; LOBO, V.; PAINHO, M. Geo-Self-Organizing Map (Geo-SOM) for Building and Exploring Homogeneous Regions. In: EGENHOFER, M. J.; FREKSA, C. e MILLER, H. J. (Ed.). **GIScience 2004, Lecture Notes in Computer Science**. Berlin / Heidelberg: Springer, 2004. v.3234. p.22-37. ISBN 978-3-540-23558-3. Disponível em: < http://www.isegi.unl.pt/labnt/geosom/Public/1-1_2_lobo04_GeoSOM.pdf >. Acesso em: 15.10.2011.

BACCHI, M. R. P. **Brasil - gerando energia de biomassa, limpa e renovável**. 2006. Disponível em: < <http://www.cepea.esalq.usp.br/especialagro> >. Acesso em: 15 abr. 2008.

BALL, G. H.; HALL, D. J. ISODATA, **A novel method of data analysis and pattern classification**. Menlo Park: Stanford Research Institute, 1965. 78p.. (Relatório Técnico TIS No. AD 699616). Disponível em: < <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/699616.pdf> >. Acesso em: 19.08.2011.

BARKER, J. R.; ROSS, M. H. An introduction to global warming. **American Journal of Physics**, v. 67, n. 12, p. 1216-1226, 1999. ISSN 0002-9505 (print) Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1119/1.19108> >. Acesso em: 02.05.2008.

BARONI, M. Ambigüidades e deficiências do conceito de desenvolvimento sustentável. **Revista de Administração de Empresas**, v. 32, n. 2, p. 14-24, 1992. ISSN 0034-7590. Disponível em: < rae.fgv.br/sites/rae.fgv.br/files/artigos/10.1590_S0034-75901992000200003.pdf >. Acesso em: 20.02.2012.

BARRETO, J.M. **Introdução às redes neurais artificiais**. Florianópolis, 1998 Disponível em: <<http://www.das.ufsc.br/~gb/CIPEEL/Survey.pdf>>. Acesso em: 11 maio 2008.

BARROS, E. V. A matriz energética mundial e a competitividade das nações: bases de uma nova geopolítica. **ENGEVISTA**, v. 9, n. 1, p. 47-56, 2007. ISSN 14157314. Disponível em: < http://www.uff.br/engevista/9_1Engevista5.pdf >. Acesso em: 11.05.2008.

BASHA, S. A.; GOPAL, K. R.; JEBARAJ, S.. A review on biodiesel production, combustion, emissions and performance. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.13, n.6-7, p.1628-1634. 2009.

BENATTI, J.H. **Ordenamento territorial e proteção ambiental**. Série Grandes Eventos – Meio Ambiente. Brasília: Escola Superior do Ministério Público da União, 2003. Disponível :<http://www3.esmpu.gov.br/linha-editorial/outras-publicacoes/serie-grandes-eventos-meio-ambiente/Jose_Heder_Benatti_Ordenamento_territorial_e_protecao.pdf>. Acesso em 10.08.2008

BENITE, M. Redes neurais e suas aplicações. **Fundamentos Em Administração, Letras e Pedagogia**, v. 1, n. 1, p. 1-5, 2005.

BERLATO, M. A. As Condições de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre, Editora da Universidade/UFRGS. 1992. p. 11-24.

BITTENCOURT, G. **Breve história da inteligência artificial**. Florianópolis, 1999. Disponível em: <<http://www.das.ufsc.br/gia/history/>>. Acesso em 11 ago. 2008b.

BITTENCOURT, G. **Inteligência computacional**. Disponível em: <<http://www.das.ufsc.br/gia/softcomp/>>. Acesso em 11 ago. 2008a

BLOOM, D. E. 7 Billion and Counting. **Science**, v. 333, n. 6042, p. 562-569, July 29, 2011 2011. ISSN 0036-8075. Disponível em: <

<http://www.sciencemag.org/content/333/6042/562.abstract> >. Acesso em: 29.07.2011.

BROWN, S.; HALL, M.; ANDRASKO, K.; MARZOLI, W.; GUERRERO, G.; MASERA, O.; DUSHKU, A.; DEJONG, B.; CORNELL, J. Baselines for land-use change in the tropics: application to avoided deforestation projects. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v.12, n.6, p.1001-1026. 2007.

BUCHHOLZ, T. S.; VOLK, T. A.; LUZADIS, V.A. A participatory systems approach to modeling social, economic, and ecological components of bioenergy. **Energy Policy**, v.35, n.12, p.6084-6094. 2007.

BUCHHOLZ, T.; RAMETSTEINER, E.; VOLK, T. A.; LUZADIS, V.A. Multi Criteria Analysis for bioenergy systems assessments. **Energy Policy**, v.37, n.2, p.484-495. 2009.

BURROUGH, P.A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. New York: Oxford University Press, 1986. 194p.

CAMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

CARMO, R. L. População e mudanças ambientais globais. **Multiciência**, n. 8, 2007. ISSN 1806-2946. Disponível em: <
http://www.multiciencia.unicamp.br/art04_8.htm >. Acesso em: 03 maio 2008.

CARVALHO, J. F. D. Combustíveis fósseis e insustentabilidade. **Ciência e Cultura**, v. 60, n. 3, p. 30-32, 2008. Disponível em: <
http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252008000300011&lng=en&nrm=iso >. Acesso em: 05.02.2012.

CHAVEZ JR., P.S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v. 24, n. 9, p. 459-479, set. 1988.

CHU, S.; GOLDENBERG, J. **Um futuro com energia sustentável: iluminando o caminho**. São Paulo: FAPESP: InterAcademy Council: Academia Brasileira de Ciências, 2010. 300 p. ISBN 978-90-6984-531-9. Disponível em: <
<http://www.fapesp.br/publicacoes/energia.pdf> >. Acesso em: 02.11.2011.

CLARO, P. B. D. O.; CLARO, D. P.; AMÂNCIO, R. Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações. **Revista de Administração** (São Paulo), v. 43, n. 4, p. 289-300, 2008. ISSN 0080-2107. Disponível em: <
http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0080-21072008000400001&nrm=iso >. Acesso em: 28.1.2012.

COELHO, S.T.; GOLDEMBERG, J. (Coord.) Geração de energia a partir da biomassa (exceto resíduos do lixo e óleos vegetais). In: TOLMASQUIM, M.T. (Org.) **Fontes renováveis de energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência: CENERGIA, 2003. p. 1–90. ISBN (85-7193-095-3).

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). **Nosso Futuro Comum**. 2 ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991. 430p.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM); SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (SEMA). **Mapa hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul - Escala 1:750.000**. Porto Alegre: CPRM, 2005.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York: Lewis Publishers, 1999. 183 p. ISBN 978-1-4200-5512-2.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução N° 302 de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. In: IBAMA. **Resoluções do Conama**: resoluções vigentes publicadas entre julho de 1984 e novembro de 2008. – 2. ed. / Conselho Nacional do Meio Ambiente. – Brasília: Conama, 2008

COSTA, J. A. F.; ANDRADE-NETTO, M. L. D. Segmentação de mapas auto-organizáveis com espaço de saída 3-D. **Sba: Controle & Automação Sociedade Brasileira de Automatica**, v. 18, n. 2, p. 150-162, 2007. ISSN 0103-1759. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-17592007000200002&nrm=iso >. Acesso em: 20.01.2012.

COUNCIL OF EUROPE. European Conference of Ministers responsible for Spatial/Regional Planning (CEMAT). **Spatial development glossary** (Bilingual Version). Strasbourg: Council of Europe, 2007. 77p. ISBN 978-92-871-6286-1. (Territory and landscape, n. 2). Disponível em: < http://www.coe.int/t/dg4/cultureheritage/Source/Resources/Publications/Land/CEMAT_Glossary_TerritoryandLandscapeNo2_BIL.pdf > Acesso em: 10.08.2008.

CUNHA, G.R. **Análise agrometeorológica da safra de soja 2000/2001, em Passo Fundo, RS**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. (Série Documentos, 27).

DALE, V. H. The Relationship Between Land-Use Change And Climate Change. **Ecological Applications**, v.7, n.3, p.753-769. 1997.

DE LA TORRE UGARTE, D. G.; RAY, D. E. Biomass and bioenergy applications of the POLYSYS modeling framework. **Biomass and Bioenergy**, v.18, n.4, p.291-308. 2000.

DELFIN NETO, A. Pré-sal é a agenda do século 20, não do 21. **Isto é Dinheiro**. n. 627, out.2009. Entrevista concedida a Leonardo Attuch. Disponível em:<
http://www.istoedinheiro.com.br/entrevistas/739_PRESAL+E+A+AGENDA+DO+SECULO+20+NAO+DO+21> Acesso em 21.12.2011.

DIAKOULAKI, D.; GEORGIOU, P.; TOURKOLIAS, C.; GEORGOPOULOU, E.; LALAS, D.; MIRASGEDIS, S.; SARAFIDIS, Y. A multicriteria approach to identify investment opportunities for the exploitation of the clean development mechanism. **Energy Policy**, v.35, n.2, p.1088-1099. 2007.

DIRINGER, E. Climate policy: Letting go of Kyoto. **Nature**, v. 479, n. 7373, p. 291-292, 2011. ISSN 0028-0836. Disponível em: <
<http://dx.doi.org/10.1038/479291a> >. Acesso em: 22.12.2011.

DOMINGUEZ, J. ;MARCOS, M. J. Análisis de la producción potencial de energía con biomasa en la región de Andalucía (España) utilizando sistemas de información geográfica. **Cybergeo**, v.Environment, Nature, Paysage, n. 142, 2000..

DUARTE, L. M. G. W., M. E. F. Desenvolvimento e Sustentabilidade: desafios para o século XXI. **Revista de Planejamento Regional**, v. 1, n. 1, p. 15 - 24, 2002.

EEROLA, T. T. Mudanças Climáticas Globais: passado presente e futuro. In: FÓRUM DE ECOLOGIA, 2003, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis:Instituto de Ecologia Política, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), 2003.10 p.Disponível em: <
http://www.helsinki.fi/hum/ibero/xaman/articulos/2004_01/mudancas_climaticas_globais.pdf>. Acesso em: 30.04.2008.

EGUERRE, A. **NoniGPSPlot** (NoniGPSPlotV2.80j.EN.exe). 2009. Disponível em: < <http://aeguerre.free.fr/Public/PocketPC/NoniGPSPlot/EN/index.php>>. Acesso em: 02.01.2010.

EIGEN, M. Selforganization of matter and the evolution of biological macromolecules. **Naturwissenschaften**, v. 58, n. 10, p. 465-523, 1971. Disponível em:
<<http://www.physik.uzh.ch/groups/aegerter/teaching/Biophys/eigen.pdf>>. Acesso em 12.02.2012.

ENVIROMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). **ArcGis Desktop 9.1**. Redlands (CA), 2005. 1 CD-ROM

ESTABA, R. M. La descentralización y la ordenación del territorio de Venezuela: estrategias hacia la modernidad. **Scripta Nova**. Revista eletrônica de Geografia y Ciencias Sociales, Universidad de Barcelona, n. 54, 1999. Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/nova-ig.htm>>. Acesso em: 04 dez. 2007.

ETHOS, Instituto. **Indicadores Ethos de responsabilidade social empresarial**. São Paulo: Instituto Ethos, 2005. 83p. Disponível em: <http://www.ethos.org.br/_Uniethos/Documents/2005_06_07/Indicadores_Ethos_2005.pdf>. Acesso em: 18.02.2012.

EVENSON, R. E.; GOLLIN, D. Assessing the Impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. **Science**, v. 300, n. 5620, p. 758-762, May 2, 2003 2003. ISSN 0036-8075. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/content/300/5620/758.abstract>>. Acesso em: 20.01.2012.

FERREIRA, M.D.; PEJON, O.J.; ZUQUETTE, L.V. Avaliação da condutividade hidráulica em solos arenosos com diferentes tipos de usos: bacia hidrográfica do córrego Vaçununga (Luiz Antônio/SP). Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia, 5, Maputo (MZ), 2008. **Anais...** Porto: INEGI-Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial, 2008. v. 1. p. 1-9. On line. Disponível em:< <http://paginas.fe.up.pt/clme/2008/PROCEEDINGS/PDF/28A011.pdf>>. Acesso em 10 ago. 2008.

FERRER, G. R.; CRUZ, P. M. A crise financeira mundial, o estado e a democracia econômica. **Novos Estudos Jurídicos**, v. 13, n. 2 p. 9-21, 2008. ISSN 2175-0491. Disponível em: <<http://www6.univali.br/seer/index.php/nej/article/view/1437>>. Acesso em: 9.11.2011.

FERRÉS, D. H. S. **Competitividade dos biocombustíveis no Brasil: uma comparação entre os principais biocombustíveis - etanol e biodiesel**. 2010. 167 Dissertação (Mestre em Agroenergia). Escola de Economia de São Paulo Fundação Getúlio Vargas (FGV), São Paulo. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/7783/Diego%20Henrique%20Souza%20Ferres.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 09.10.2011.

FIDALGO, E.C.C. **Critérios para a análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnostico de planejamentos ambientais**. Campinas, 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola. Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas.

FIORESE, G.; GUARISO, G. A GIS-based approach to evaluate biomass potential from energy crops at regional scale. **Environmental Modelling & Software**, v. 25, n. 6, p. 702-711, 2010. ISSN 1364-8152. Disponível em: <

<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VHC-4XW6SY8-1/2/e7a8d3c90f9f822406da324d7ec9089d> >. Acesso em: 16.04.2010.

FIRBANK, L. Assessing the Ecological Impacts of Bioenergy Projects. **BioEnergy Research**, v.1, n.1, p.12-19. 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Planning for sustainable use of land resources: towards a new approach**. Roma: FAO, 1995. 60 p. ISBN 92-5-103724-8. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/V8047E/V8047E00.htm>>. Acesso em: 04.05.2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Unified Bioenergy Terminology – UBET**. Roma: FAO, 2004. 50 p. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/j4504e/j4504e00.pdf>> Acesso em: 18.05.2008.

FOODY, G. M.; CAMPBELL, N. A.; TROOD, N. M.; WOOD, T. F., Derivation and application of probabilistic measures of class membership from the maximum likelihood classification. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 58, n.9, p. 1335–1341, 1992. ISSN 0099-1112. Disponível em: <https://eserv.asprs.org/PERS/1992journal/sep/1992_sep_1335-1341.pdf>. Acesso em: 23.10.2011.

FRASER, S. J.; DICKSON, B. L. A New Method for Data Integration and Integrated Data Interpretation: Self-Organising Maps. In: Exploration 07 - Fifth Decennial International Conference on Mineral Exploration, Toronto, Canada, 2007. **Proceedings...** Toronto: Decennial Mineral Exploration Conferences, 2007. p. 907-910. 1 CD-ROM. Disponível em: <<http://www.dmec.ca/ex07-dvd/E07/pdfs/67.pdf>>. Acesso em: 14.06.2010.

FREI, C. W. The Kyoto protocol—a victim of supply security?: or: if Maslow were in energy politics. **Energy Policy**, v. 32, n. 11, p. 1253-1256, 2004. ISSN 0301-4215. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142150300380X>>. Acesso em: 31.12.2011.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA SIEGFRIED EMANUEL HEUSER (FEE). **Índice de Desenvolvimento Socioeconômico do RS (IDESE) — 1991-00**. Porto Alegre: FEE, 2003. 31p. ISBN 85-7173-024-5 (Documentos FEE; n. 58). Disponível em: <http://www.fee.rs.gov.br/sitefee/download/documentos/documentos_fee_58.pdf>. Acesso em: 20.10.2010.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE (FEEMA). **Vocabulário básico de meio ambiente**. Rio de Janeiro: Petrobras, Serviço de Comunicação Social, 1991. 246p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (FEPAM). **Descrição do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAM, 2003. CD-ROM.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (FEPAM). **Zoneamento ambiental para atividade de silvicultura. Vol. I e II**. Porto Alegre: FEPAM: SEMA, 2007. Disponível em: < http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/zoneam_silvic.asp >. Acesso em: 28.07.2009.

GASPAR, J.M.B. O novo ordenamento do território - Geografia e Valores. In: Seminário Dinamismo Sócio-Económicos e (Re)organização Territorial, Coimbra, 1996. **Anais...** Coimbra: Universidade de Coimbra, Instituto de Estudos Geográficos, 1996. p. 707-718. Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/sv-39.htm>>. Acesso em: 10 ago. 2008.

GERPEN, J. V. Biodiesel processing and production. **Fuel Processing Technology**, v. 86, n. 10, p. 1097-1107, 2005. ISSN 0378-3820. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378382004001924> >. Acesso em: 02.05.2008.

GLOBAL RENEWABLE FUELS ALLIANCE (GRFA). **Global ethanol production to reach 88.7 billion litres in 2011**. 2011. Disponível em: < http://www.globalrfa.org/pr_021111.php >. Acesso em: 12.01.2012.

GNANSOUNOU, E.; DAURIAT, A.; PANICHELLI, L.;VILLEGAS, J. Energy and greenhouse gas balances of biofuels: biases induced by LCA modelling choices. **Journal of Scientific and Industrial Research**, v.67, 2008, p.885 - 897. 2008.

GOES, T., ARAÚJO, M., MARRA, R. **Biodiesel e sua sustentabilidade**. EMBRAPA, 2010, 19 p. Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2010/Trabalho_biodiesel_11_de_janeiro_de_2010-versao_final.pdf>. Acesso em: 20.08.2011.

GOLDEMBERG, J. A conferência de Durban. **Estado de São Paulo**, São Paulo, 19 de dezembro de 2011. Disponível em: < <http://www.estadao.com.br/noticias/impreso,a-conferencia--de-durban-,812770,0.htm>>. Acesso em: 20.12.2011.

GOLDEMBERG, J. **Energia no Brasil**. Rio de Janeiro: LTC, 1979. 171p.

GOLDENSTEIN, M.; AZEVEDO, R. L. S. Combustíveis alternativos e inovações no setor automotivo: será o fim da “era do petróleo”? **BNDES Setorial**, n. 23, p. 235-266, 2006. ISSN 1414-9230. Disponível em: < http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2308.pdf >. Acesso em: 20.11.2011.

GOMES, E. G.; LINS, M. P. E.. Integrating Geographical Information Systems and Multi-Criteria Methods: A Case Study. **Annals of Operations Research**, v.116, n.1, p.243-269. 2002.

GRAHAM, R. L.; ENGLISH, B. C.; NOON, C. E. A Geographic Information System-based modeling system for evaluating the cost of delivered energy crop feedstock. **Biomass and Bioenergy**, v. 18, n. 4, p. 309-329, 2000. ISSN 0961-9534. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V22-3YS38CH-6/2/577e4430101b28329cda80d8a001fff2> >. Acesso em: 05.04.2009.

HALL, D.O.; HOUSE, J.I.; SCRASE, I. Visão geral de energia e biomassa. In: ROSILLO-CALLE, F.; BAJAY, S.; V.; ROTHMAN, H. (Org.) **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira**. Campinas: UNICAMP, 2005. pp.25-67. ISBN (85-268-0685-8).

HAMADA, E.; GHINI, R.; GONÇALVES, R. R. V. Efeito da mudança climática sobre problemas fitossanitários de plantas: metodologias de elaboração de mapas. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 3, n. 2, p. 73-85, 2006. ISSN 1678-2178 Disponível em: < <http://189.20.243.4/ojs/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=139&article=57&mode=pdf> >. Acesso em: 03.05.2008.

HANSEN, J. E.; SATO, M. Trends of measured climate forcing agents. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 98, n. 26, p. 14778-14783, December 18, 2001 2001. ISSN 1091-6490. Disponível em: < <http://www.pnas.org/content/98/26/14778.abstract> >. Acesso em: 02.04.2008.

HANSEN, J.; SATO, M.; RUEDY, R.; LACIS, A.; OINAS, V. Global warming in the twenty-first century: An alternative scenario. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 97, n. 18, p. 9875-9880, August 29, 2000 2000. ISSN 1091-6490. Disponível em: < <http://www.pnas.org/content/97/18/9875.abstract> >. Acesso em: 02.04.2008.

HARLEY, C. D. G. Climate Change, Keystone Predation, and Biodiversity Loss. **Science**, v. 334, n. 6059, p. 1124-1127, November 25, 2011 2011. ISSN 0036-8075 (print), 1095-9203 (online). Disponível em: < <http://www.sciencemag.org/content/334/6059/1124.abstract> >. Acesso em: 30.11.2011.

HAYKIN, S. S. **Redes neurais: princípios e práticas**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 898 p. ISBN 9788573077186.

HEKTOR, B. Planning models for bioenergy: Some general observations and comments. **Biomass and Bioenergy**, v. 18, n. 4, p. 279-282, 2000. ISSN 0961-9534. Disponível em: <

<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V22-3YS38CH-3/2/67a1594078a2d489bf74ec776da46f65> >. Acesso em 18.05.2009.

HODJU, P. HALME, J. **Neural network information homepage**. 1999. Disponível em : <<http://koti.mbnet.fi/%7Ephodju/nenet/index.html>>. Acesso em: 8 ago. 2008.

HOUAISS, A.; VILLAR, M.S.; FRANCO, F.M.M. Desambiguação. In: HOUAISS, A.; VILLAR, M.S.; FRANCO, F.M.M. (Eds.). **Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa**. v.1.0. Rio de Janeiro: Editora Objetiva; 2001. 1 CD ROM.

HOUAISS, A.; VILLAR, M.S.; FRANCO, F.M.M. Planejamento. In: HOUAISS, A.; VILLAR, M.S.; FRANCO, F.M.M. (Eds.). **Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa**. v.1.0. Rio de Janeiro: Editora Objetiva; 2001. 1 CD ROM.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Divisão Regional**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default_div_int.shtm>. Acesso em: 05.08.2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Malha municipal digital do Brasil**. Situação em 2001. v.2. Projeção Policônica. Rio de Janeiro, 2004. 1 CD-ROM.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 92 p. (Série Manuais Técnicos em Geociências - n. 1).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Projeto RADAMBRASIL**: Folha SH.22 Porto Alegre e parte das folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. 796 p. (Levantamento de recursos naturais, 33).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de solos do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2003. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge/tem_solos.php>. Acesso em: 26.05.2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Resolução do Presidente do IBGE Nº 1/2005**. Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pmrg/legislacao/RPR_01_25fev2005.pdf>. Acesso em: 26.05.2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal (PAM)**. Disponível em: <

<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=PA&z=t&o=11> >. Acesso em: 14.04.2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).

Produção da extração vegetal e da silvicultura. Disponível em: <

<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=VS&z=t&o=18> >.

Acesso em: 14.04.2012.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2001:** The scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York: Cambridge University Press, 2001. 881 p. ISBN 978-0521014953. Disponível em: < http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/pdf/WG1_TAR-FRONT.pdf >. Acesso em: 30.04.2008.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2007:** The physical science basis. New York: Cambridge University Press, 2007. 1009 p. ISBN 978-0521705967. Disponível em: < http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm >. Acesso em: 01.05.2008.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR LOCAL ENVIRONMENTAL INITIATIVES (ICLEI). **The local Agenda 21 planning guide:** an introduction to sustainable development. Toronto: ICLEI, Ottawa: IDRC, Nairobi: UNEP, 1996. 200p. ISBN 0889368015. Disponível em: < <http://www.idrc.ca/EN/Resources/Publications/Pages/IDRCBookDetails.aspx?PublicationID=308> >. Acesso em: 27.2.2012

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **World energy outlook 2006.** Paris: IEA, 2006. 600 p. ISBN (92-64-10989-7). Disponível em: < <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2006/weo2006.pdf> >. Acesso em: 24.05.2009.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **World energy outlook 2009.** Paris: IEA, 2009. 696 p. ISBN 978-92-64-06130-9. Disponível em: < www.iea.org/textbase/nppdf/free/2009/weo2009.pdf >. Acesso em: 24.05.2011.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Key world energy statistics - 2008.** Paris: IEA, 2008. 82 p. ISBN N/A. Disponível em: < http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2008/key_stats_2008.pdf >. Acesso em: 24.05.2009.

IYODA, E. M. **Inteligência computacional no projeto automático de redes neurais híbridas e redes neurofuzzy.** 2000. 178 fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2000.

Disponível em:

<<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/zeus/auth.php?back=http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000197739&go=x&code=x&unit=x>>. Acesso em: 11.08.2008.

JAFELICE, D. A eterna crise global provocada pelo preço do petróleo. Polímeros: **Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 4, p. 4 – 5, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282000000400003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 11 May 2008.

JANKOWSKI, P. Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods. **International Journal of Geographical Information Science**, v.9, n.3, p.251 - 273. 1995.

JANZEN, D. Gardenification of Wildland Nature and the Human Footprint. **Science**, v. 279, n. 5355, p. 1312-1313, 1998. ISSN 0036-8075. Disponível em: < <http://www.sciencemag.org/content/279/5355/1312.short> >. Acesso em: 11.04.2012.

JARA, R. B. S.; RODRIGUEZ, E. O. Cálculo do índice de renovabilidade emergética na avaliação da sustentabilidade de uma economia nacional.. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 6., 2006, Campinas. **Anais...** Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022006000100031&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 18 02 2012.

JARVIS, A.; REUTER, H.I.; NELSON, A., GUEVARA, E. **Hole-filled seamless SRTM data V4**. International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), 2008. Disponível em: <<http://srtm.csi.cgiar.org/>>. Acesso em: 09.set. 2009.

JEBARAJ, S.; INIYAN, S. A review of energy models. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.10, n.4, p.281-311. 2006. ISSN 1364-0321. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VMY-4DS7NYR-1/2/9eaf57b390ee97d59e4b83255470dd8b> >. Acesso em: 15.05.2009.

JOERIN, F.; THÉRIAULT, M.; MUSY, A. Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 15, n. 2, p. 153-174, 2001. ISSN 1365-8816. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1080/13658810051030487> >. Acesso em: 02.02.2012.

JOHNSTON, M.; LICKER, R.; FOLEY, J.; HOLLOWAY, T.; MUELLER, N. D.; BARFORD, C.; KUCHARIK, C. Closing the gap: global potential for increasing biofuel production through agricultural intensification. **Environmental Research**

Letters, v. 6, n. 3, p. 1-12, 2011. ISSN 1748-9326. Disponível em: <
<http://stacks.iop.org/1748-9326/6/i=3/a=034028> >. Acesso em: 01.01.2012.

JONES, P. D.; MANN, M. E. Climate over past millennia. **Rev. Geophys.**, v. 42, n. 2, p. 1-42, 2004. ISSN 8755-1209. Disponível em: <
<http://dx.doi.org/10.1029/2003RG000143> >. Acesso em: 01.05.2008.

JOYA, G.; GARCÍA-LAGOS, F.; ATENCIA, M.; SANDOVAL, F. Artificial neural networks for energy management system. applicability and limitations of the main paradigms. **European Journal of Economic and Social Systems**, v. 17, n. 1-2, p. 11-28, 2004. ISSN 1292-8895. Disponível em: <
<http://phobos.lcc.uma.es/lcc/publicaciones/LCC1265.pdf> >. Acesso em: 12.02.2012.

KALOGIROU, S. A. Artificial neural networks in renewable energy systems applications: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.5, n.4, p.373-401. 2001.

KAROL, E. **Território e territorialidade da Federação de Órgãos para a Assistência Social e Educacional - F.A.S.E.** - estudo sobre território e organização não-governamental. 2000. 43p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2000. Disponível em:
<http://www.rits.org.br/rets/download/centro_estudos_090905.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2008.

KASKI, S. **Data exploration using self-organizing maps**. 1997. 57 p. Tese (Doctor of Technology). Neural Networks Research Centre, Helsinki University of Technology, Espoo, Finland, 1997. Disponível em: <
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.30.4343> >. Acesso em: 20.01.2012.

KAUL, M.; HILL R. L WALTHALL, C. Artificial neural networks for corn and soybean yield prediction. **Agricultural Systems**, v.85, n.1, p.1-18. 2005.

KELLER, E. F. Organisms, machines, and thunderstorms: A History of Self-Organization, Part One. **Historical Studies in the Natural Sciences**, v. 38, n.1, p.45-75, 2008. ISSN 1939-1811. Disponível em: <
<http://hdl.handle.net/1721.1/50990>>. Acesso em: 12.2.2012.

KELLER, E. F. Organisms, machines, and thunderstorms: A History of Self-Organization, Part Two. **Historical Studies in the Natural Sciences**, v. 39,

n.1, p.1-31, 2009. ISSN 1939-1811. Disponível em: <
<http://hdl.handle.net/1721.1/50263>>. Acesso em: 12.2.2012.

KHANNA, M.; ÖNAL, H.; CHEN, X.; HUANG, H. Meeting Biofuels Targets: Implications for Land Use, Greenhouse Gas Emissions, and Nitrogen Use in Illinois. In: KHANNA, M.;SCHEFFRAN, J., et al (Ed.). **Handbook of bioenergy economics and policy**. New York: Springer, v.33, 2010. p.287-305. (Natural Resource Management and Policy). ISBN 978-1-4419-0369-3. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-0369-3_17 >. Acesso em 29.12.2011.

KOHONEN, T. The self-organizing map. **Proceedings of the IEEE**, v. 78, n. 9, p. 1464-1480, 1990. ISSN 0018-9219. Disponível em: <
http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=58325 >. Acesso em: 13.02.2011.

KOHONEN, T. Exploration of very large databases by self-organizing maps. In: International Conference on Neural Networks, 9-12 de junho de 1997. **Proceedings...** Piscataway: IEEE Service Center, 1997. v.1, p. PL1-PL6. Disponível em <
http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=611622&tag=1>. Acesso em: 24.05.2011.

KOHONEN, T. **Self-organizing maps**. 3 ed. New York: Springer, 2001. 133p. ISBN 9783540679219.

LACAYO-EMERYET, M.A. **An integrated toolset for exploration of spatio-temporal data using self-organizing maps and GIS**. 2011. 66 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) San Diego State University, San Diego, 2011. Disponível em: < <http://somanalyst.googlecode.com/files/Thesis.pdf>>. Acesso em: 09.11.2011.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977. ISSN 0006341X. Disponível em: < <http://www.jstor.org/stable/2529310> >. Acesso em: 03.04.2012.

LASH, J. **Financial crisis to sustainable global economy**. Washington: World Resources Institute, 2009. Disponível em: <
<http://www.wri.org/stories/2009/01/financial-crisis-sustainable-global-economy> >. Acesso em: 20.11.2011.

LEITE, A. Y. C. M.; MATOS, L. N.; SILVA, M. A. S. Utilização de rede neural SOM para visualização e análise de dados censitários. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 58. Florianópolis, 16-21 de

julho de 2006. **Anais...** Florianópolis: SBPC, 2006. Disponível em:
<http://www.sbpnet.org.br/livro/58ra/SENIOR/RESUMOS/resumo_3546.html>.
Acesso em: 13.01.2012.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil**: Região Sul. Rio de Janeiro: 1990. p.113-150.

LINHARES, D.V.R. **Biodiesel o novo combustível do país**. In: Apresentação da Ministra de Minas e Energia, Sra. Dilma Rousseff no lançamento do PNPB, em 06.12.2004. Disponível em:
<http://www.biodiesel.gov.br/docs/Apres_MinistraME_06-12-04.pdf>. Acesso em: 22 maio 2008.

LÖWY, M. Crise ecológica, capitalismo, altermundialismo: um ponto de vista ecossocialista. **INTERFACEHS-Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 4, n. 3, p. 132-140, 2009. ISSN 1980-0894. Disponível em: < <http://www.revistaic.sp.senac.br/index.php/ITF/article/view/53> >. Acesso em: 20.01.2012.

MACDICKEN, K. Project specific monitoring and verification: State of the art and challenges. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v.2, n.2, p.191-202. 1997.

MACHADO, P. Adição de 3% de biodiesel pode ser antecipada. **Diário Comercio Indústria**. São Paulo, 29 fev. 2008. Caderno 1, p. 1.

MAGDALENO, F. S. O território nas constituições republicanas brasileiras. **Investigaciones Geográficas**, n. 57, p. 114-132. 2005. Disponível em:
<<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/569/56905709.pdf>>. Acesso em: 09 ago. 2008.

MALTHUS, T. R. **Princípios de economia política**: reconsiderações sobre sua aplicação prática / Ensaio sobre a população.

São Paulo: Nova Cultural, 1996. 382p. ISBN 85-351-0828-9 Disponível em:
<http://www.adelinotorres.com/economia/Robert%20Malthus_Principios%20de%20Economia%20Politica%20e%20Ensaio%20sobre%20a%20Popula%E7%E3o.pdf>. Acesso em: 29.01.2011.

MANTELLI, J. Organização no Meio Rural do Estado do Rio Grande do Sul - Brasil. In: Encontro de Geógrafos de América Latina, 12. Montevideo, 2009. **Anais...** Montevideo: Imprensa Gega, 2009. p. 1-15 . Disponível em:
<http://egal2009.easyplanners.info/area06/6153_Mantelli_Jussara.doc>.
Acesso: 20.05.2010.

MANTELLI, J.; CANABARRO, I.S. . A organização de um espaço inter-étnico: o noroeste do Rio Grande do Sul. **Campo - Território**, v. 5, n.10, p. 333-348, 2010. ISSN: 1809-6271. Disponível em: < <http://www.seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/download/11944/8255> >. Acesso em: 18.10.2011.

MANZINI, E. J. Entrevista semi-estruturada: análise de objetivos e de roteiros. In: Seminário Internacional de Pesquisa e Estudos Qualitativos, 2, Bauru, 2004.. **Anais...** Bauru: SIPEQ, 2004. Disponível em: <<http://www.sepq.org.br/lisipeq/anais/pdf/gt3/04.pdf>>. Acesso em:15.02.2012.

MARTINS, I.P. **Protocolo de Quioto**: antes e depois de 2012. Janus Espaço online de relações exteriores. 2006. Disponível em: <http://www.janusonline.pt/2006/2006_1_2_12.html>. Acesso em 08 maio 2008

MASLOW, A. H. A Theory of Human Motivation. **Psychological Review**, v. 50, n. 4, p. 370-396, 1943. ISSN 1939-1471(Electronic); 0033-295X(Print). Disponível em: < <http://psycnet.apa.org/journals/rev/50/4/370/> >. Acesso em: 20.11.2011.

MATHWORKS. **Matlab v.6.5**. Natick: The MathWorks Inc., 2002. 1 CD-ROM.

MCHARG, I. **Design with nature**. New York: Jonh Wiley & Sons, 1992. 198 p. (reprint for the 25th anniversary edition).

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Secretaria de Produção e Agroenergia. **Plano Nacional de Agroenergia 2006–2011**. 2 ed. Brasília: Embrapa InformaçãoTecnológica, 2006. 110 p. ISBN (85-7383-357-2).

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Portaria nº 54, de 16 de abril de 2009. Aprova o Zoneamento Agrícola para a cultura de cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul, ano-safra 2008/2009. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 17 abr. 2009a. Nº73, Seção 1, p. 09.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Portaria do zoneamento**: Rio Grande do Sul. Disponível em: < http://www.agricultura.gov.br/portal/page?_pageid=33,1078878&_dad=portal&_schema=PORTAL>. Acesso em 31 jul. 2009b.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Portaria nº 126, de 20 de julho de 2009. Aprova o Zoneamento Agrícola para a cultura de soja no Estado do Rio Grande do Sul, ano-safra 2009/2010. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 21 jul. 2009c. Nº73, Seção 1, p. 09.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO; SECRETARIA DE PRODUÇÃO E AGROENERGIA; DEPARTAMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR E AGROENERGIA (MAPA). **Produção brasileira de cana, açúcar e etanol**. Brasília: MAPA, 2011. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas/producao/NOVEMBRO_2011/07_%20prod_cana_acucar_e_tanol.pdf>. Acesso em: 06.01.2012.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL (INTEGRAÇÃO). **Documento base para a definição da Política Nacional de Ordenação do Território – PNOT** (Versão preliminar).. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2006. 262 p.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIAS. Conselho Nacional de Política Energética (MME.CNPE). **Resolução CNPE nº 6 de 13.03.2008**. Estabelece em três por cento, em volume, o percentual mínimo obrigatório de adição ao biodiesel ao diesel comercializado ao consumidor final nos termos do art. 2 da Lei nº 11.097, de Janeiro de 2005. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/download.do?attachmentId=13707&download>>. Acesso em: 26 maio 2008.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Resenha energética Brasileira: relatório preliminar (exercício de 2007)**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008b. 18 p. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/download.do?attachmentId=13699&download>>. Acesso em: 11 maio 2008.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Empresa de Pesquisa Energética (MME.EPE). **Contexto mundial e preço do petróleo: uma visão de longo prazo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EPE, 2008a. 55p. p. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/Petroleo/Documents/Estudos_29/Contexto%20Mundial%20e%20Pre%C3%A7o%20do%20Petr%C3%B3leo%20Uma%20Vis%C3%A3o%20de%20Longo%20Prazo.pdf>. Acesso em: 20.11.2011.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIAS. Conselho Nacional de Política Energética (MME.CNPE). **Resolução CNPE nº 6, de 16.09.2009**. Estabelece em cinco por cento, em volume, o percentual mínimo obrigatório de adição ao biodiesel ao diesel comercializado ao consumidor final nos termos do art. 2 da Lei nº 11.097, de Janeiro de 2005. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/conselhos_comite/CNPE/resolucao_2009/Resoluxo_6_CNPE.pdf>. Acesso em: 19 mar 2010.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Departamento de Combustíveis renováveis. **Boletim mensal dos combustíveis renováveis**. Edição 42 – julho/2011. 2011. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/spg/galerias/arquivos/publicacoes/boletim_mensal_com

bustiveis_renovaveis/Boletim_DCR_nx_042_-_julho_de_2011.pdf >. Acesso em: 05.01.2011a.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Departamento de Combustíveis renováveis. **Boletim mensal dos combustíveis renováveis. Edição 47** – novembro/2011. 2011. Disponível em: < http://www.mme.gov.br/spg/galerias/arquivos/publicacoes/boletim_mensal_com_bustiveis_renovaveis/Boletim_DCR_nx_047_-_novembro_de_2011.pdf>. Acesso em: 05.01.2011b.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO (PLANEJAMENTO). Secretaria de Gestão. Comissão Europeia. **Textos de referência em planejamento territorial integrado**. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2007. 90 p.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO ORÇAMENTO E GESTÃO; SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E INVESTIMENTOS ESTRATÉGICOS (PLANEJAMENTO.SPI). **Estudo da dimensão territorial para o planejamento**: volume VII - avaliação de sustentabilidade da carteira de investimentos. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2008. 250 Disponível em: < http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/spi/programas_projeto/planejamento_territorial/plan_ter_Vol7.pdf >. Acesso em: 22.12.2011.

MONTAÑO, M.; DE OLIVEIRA, I. S. D.; RANIERI, V. E. L.; FONTES, A. T.; DE SOUZA, M. P. O Zoneamento Ambiental e a Sua Importância para a Localização de Atividades. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção**, v. 5, n. 1, p. 49-64, 2007. ISSN 1679-5830. Disponível em: < http://www.revista-ped.unifei.edu.br/documentos/V05N01/n06_art04.pdf >. Acesso em: 12.02.2012.

MORAES, A.C.R. Ordenamento Territorial: uma conceituação para o planejamento estratégico. In: BRASIL. Ministério de Integração Nacional. Para pensar uma política nacional de ordenamento territorial: **Anais da Oficina sobre a Política Nacional de Ordenamento Territorial**, Brasília, 13-14 de novembro de 2003 / Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional (SDR). Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2005. p. 43 – 47.

MUNDIM, A.O.F. Sistemas Rurais integrados: alimentos e energia. In: Seminário “Plantando o Futuro: Reflorestamento Produtivo, Consorciado e Includente”, Belo Horizonte, 24-25 abr. 2006. **Resumos...** Disponível em: < <http://www.fbds.org.br/Apresentacoes/ApresentacaoSebrae.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2008.

NARAYANAN, K. V.; NATARAJAN, E.; SREEJAA, B.S. Artificial neural network model for emissions from cofiring of coal and biomass in a travelling grate boiler in India. **Journal of Engineering and Applied Sciences**, v.1, n.4, 2006, p.355-359. 2006.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). Landsat Program. **p223r079_7x20020315.ETM-EarthSat-Orthorectified**. Sioux Falls: USGS, 2004a. Cena Landsat 7, sensor ETM+, 9 bandas espectrais, Órbita 223 / Ponto 79, captado em: 15.03.2002. Disponível em: < ftp://ftp.glcg.umd.edu/glcg/Landsat/WRS2/p223/r079/p223r079_7x20020315.ETM-EarthSat-Orthorectified>. Acesso em: 04.12.2009.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). Landsat Program. **p223r080_7x20020315.ETM-EarthSat-Orthorectified**. Sioux Falls: USGS, 2004b. Cena Landsat 7, sensor ETM+, 9 bandas espectrais, Órbita 223 / Ponto 80, captado em: 15.03.2002. Disponível em: < ftp://ftp.glcg.umd.edu/glcg/Landsat/WRS2/p223/r080/p223r080_7x20020315.ETM-EarthSat-Orthorectified>. Acesso em: 04.12.2009.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). Landsat Program. **p224r079_7x20000706.ETM-EarthSat-Orthorectified**. Sioux Falls: USGS, 2004c. Cena Landsat 7, sensor ETM+, 9 bandas espectrais, Órbita 224 / Ponto 79, captado em: 06.07.2000. Disponível em: < ftp://ftp.glcg.umd.edu/glcg/Landsat/WRS2/p224/r079/p224r079_7x20000706.ETM-EarthSat-Orthorectified>. Acesso em: 04.12.2009.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). Landsat Program. **p224r080_7x20000128.ETM-EarthSat-Orthorectified**. Sioux Falls: USGS, 2004d. Cena Landsat 7, sensor ETM+, 9 bandas espectrais, Órbita 224 / Ponto 80, captado em: 28.01.2000. Disponível em: < ftp://ftp.glcg.umd.edu/glcg/Landsat/WRS2/p224/r080/p224r080_7x20000128.ETM-EarthSat-Orthorectified>. Acesso em: 04.12.2009.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). Landsat Program. **LANDSAT_5_TM_20081227_224_079_L2**. Cachoeira Paulista: INPE-DGI, 2008a. Cena Landsat 5, sensor TM, 7 bandas espectrais, Órbita 224 / Ponto 79, captado em: 27.12.2008. Disponível em: < <http://www.dgi.inpe.br/CDSR> >. Acesso em: 27.08.2009

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). Landsat Program. **LANDSAT_5_TM_20081227_224_080_L2**. Cachoeira Paulista: INPE-DGI, 2008b. Cena Landsat 5, sensor TM, 7 bandas espectrais, Órbita 224 / Ponto 80, captado em: 27.12.2008. Disponível em: < <http://www.dgi.inpe.br/CDSR> >. Acesso em: 27.08.2009

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). Landsat Program. **LANDSAT_5_TM_20090105_223_079_L2**. Cachoeira Paulista:

INPE-DGI, 2009a. Cena Landsat 5, sensor TM, 7 bandas espectrais, Órbita 223 / Ponto 79, captado em: 01.05.2009. Disponível em: < <http://www.dgi.inpe.br/CDSR> >. Acesso em: 27.08.2009

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). Landsat Program. **LANDSAT_5_TM_20090105_223_080_L2**. Cachoeira Paulista: INPE-DGI, 2009b. Cena Landsat 5, sensor TM, 7 bandas espectrais, Órbita 223 / Ponto 80, captado em: 01.05.2009. Disponível em: < <http://www.dgi.inpe.br/CDSR> >. Acesso em: 27.08.2009

NAYLOR, R. L.; LISKA, A. J.; BURKE, M. B.; FALCON, W. P.; GASKELL, J. C.; ROZELLE, S. D.; CASSMAN, K. G. The Ripple Effect: Biofuels, Food Security, and the Environment. **Environment: Science and Policy for Sustainable Development**, v. 49, n. 9, p. 30-43, 2007/11/01 2007. ISSN 0013-9157. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.3200/ENVT.49.9.30-43> >. Acesso em: 12/02/2012.

NIBBI, L.; TONDI, G.; MARTELLI, F.; MALTAGLIATI, S.; CHIARAMONTI, D.; RICCIO, G.; BERNETTI, I.; FAGARAZZI, C.; FRATINI, R. Gis methodology and tool to analyse and optimise biomass resources exploitation. In: 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. Rome, Italy. 10-14 May 2004. **Anais...** Disponível em: <http://web.etaflorence.it/uploads/media/OE2_2_01.pdf>. Acesso em 15 maio 2009.

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Mudanças climáticas e Amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, p. 22-27, 2007. ISSN 0009-6725. Disponível em: < <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v59n3/a12v59n3.pdf> >. Acesso em: 01.05.2008.

NOON, C. E.; DALY, M. J. GIS-based biomass resource assessment with BRAVO. **Biomass and Bioenergy**, v. 10, n. 2-3, p. 101-109, 1996. ISSN 0961-9534. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V22-3VTSSW5-B/2/5b8a989ac3b3d3aa50af67af4d1d9884> >. Acesso em: 15.05.2009.

NOVAES, W. Clima - para onde vamos só com boas intenções? **Estado de São Paulo**, São Paulo, 16 de dezembro de 2011. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/impresso,clima--para-onde-vamos-so-com-boas-intencoes-,811699,0.htm>>. Acesso em: 20.12.2011.

PALUDOUR. **GPS2Blue v.1.40**. (GPS2Blue.exe). 2006. Disponível em:< <http://www.paludour.net/GPS2Blue.html>>. Acesso em: 02.01.2010.

PANICHELLI, L.; GNANSOUNOU, E. GIS-based approach for defining bioenergy facilities location: A case study in Northern Spain based on marginal

delivery costs and resources competition between facilities. **Biomass and Bioenergy**, v.32, n.4, p.289-300. 2008.

PANICHELLI, L.; DAURIAT, A.; GNANSOUNOU, E. Life cycle assessment of soybean-based biodiesel in Argentina for export. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v.14, n.2, p.144-159. 2009.

PARANÁ.; SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – SEMA; COORDENADORIA DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Entendendo mudanças climáticas**. Curitiba: SEMA, 2007. 20 p. Disponível em: < http://www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/boletim_mc.pdf >. Acesso em: 02.05.2008.

PARSONS, M. 1995. **Global warming**: the truth behind the myth. London: Plenum Press, 1995. 284 p. ISBN (0-306-45083-6).

PEREIRA, L.M. Inteligência artificial: mito ou ciência. **Ciberscópio**. Coimbra, 2003. Disponível em:< http://www.ciberscopio.net/artigos/tema6/csim_05.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2008.

PEREIRA, S.L. **Inteligência artificial**. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/~slago/ia.pdf>. >. Acesso em: 11 ago. 2008.

PEREIRA-JUNIOR, A.; PEREIRA, M. A. O. Teoria da Auto-Organização: uma Introdução e Possível Aplicação nas Ciências da Saúde. **Simbio-Logias**, v.3, n.5, p.102-114, 2010 ISSN 1983-3253. Disponível em: < http://btu.unesp.br/servicos/publicacoes/simbio_logias/documentos/v3n5/teoria_da_auto-organizacao_uma_introducao.pdf>. Acesso em: 12.12.2012.

PHUA, M. ; MINOWA, M. A GIS-based multi-criteria decision making approach to forest conservation planning at a landscape scale: a case study in the Kinabalu Area, Sabah, Malaysia. **Landscape and Urban Planning**, v.71, n.2-4, p.207-222. 2005.

POWELL, R. L.; MATZKE, N.; DE SOUZA JR, C.; CLARK, M.; NUMATA, I.; HESS, L. L.; ROBERTS, D. A. Sources of error in accuracy assessment of thematic land-cover maps in the Brazilian Amazon. **Remote Sensing of Environment**, v. 90, n. 2, p. 221-234, 2004. ISSN 0034-4257. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003442570300381X> >. Acesso em: 20.04.2009.

PRADHAN, A.; SHRESTHA, D.; MCALOON, S.; YEE, W.; HAAS, M.; DUFFIELD, J. A. Energy life-cycle assessment of soybean biodiesel revisited. **Transactions of the ASABE** v. 54, n. 3, p. 1031-1039, 2011. ISSN 2151-0032 Disponível em: < <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=37088&t=1> >. Acesso em: 18.02.2012.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Desarrollo humano**: Informe 1990. Bogotá: Tercer Mundo, 1990. 241p. ISBN: 958-601-283-2. Disponível em: < <http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr1990/chapters/spanish/>>. Acesso em: 20.10.2010.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Relatório de Desenvolvimento Humano**. New York: PNUD, 2011. 183p. ISBN: 978-92-1-626010-1. Disponível em: < >. Acesso em: 20.10.2010.

PUTTINI, R. F.; PEREIRA-JUNIOR, A.; OLIVEIRA, L. R. Modelos explicativos em saúde coletiva: abordagem biopsicossocial e auto-organização. **Physis**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 3, 2010. ISSN 0103-7331. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-73312010000300004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 12.02. 2012.

RAIHANI, N.; AITKEN, D. Uncertainty, rationality and cooperation in the context of climate change. **Climatic Change**, v. 108, n. 1, p. 47-55, 2011. ISSN 0165-0009. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s10584-010-0014-4> >. Acesso em: 20.11.2011.

RAMACHANDRA, T. V. Comparative Assessment of Techniques for Bioresource Monitoring Using GIS and Remote Sensing. **The ICFAI Journal of Environmental Sciences**, v.1, n.2, p. 7-47. 2007.

RAMACHANDRA, T. V. RIEP: Regional integrated energy plan. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 2, p. 285-317, 2009. ISSN 1364-0321. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VMY-4R8X7YX-1/2/d9805498b27ed225f4ebb17948ca330b> >.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65p. ISBN 85-85864-01-X.

RAPP, B.; BREMER, J. Paving the way towards virtual biorefineries. In: TEUTEBERG, F., MARX e GÓMEZ, J. (Ed.). **Corporate environmental management information systems: advancements and trends**. Hershey, PA: IGI Global, 2010. cap. 6, p.85-105. ISBN 9781615209811. Disponível em: <<http://www.igi-global.com/viewtitlesample.aspx?id=51797> >. Acesso em: 25.05.2011.

REIGADO, F.M. A Fronteira da Raia Central Ibérica – da fronteira do desenvolvimento ao desenvolvimento da fronteira – a aposta na inovação. Jornadas Internacionais: Cooperación transfronteriza y desarrollo local en el espacio rural de Alentejo y Extremadura. Cáceres (ES), 22 y 23 de junio, 2006. **Anais...** Disponível em: <http://www.alex.uevora.pt/Marques_Reigado.pdf> Acesso em: 10 dez.2007.

RENEWABLE FUELS ASSOCIATION (RFA). **Statistics**: historic U.S. fuel ethanol production. 2011. Disponível em: < <http://www.ethanolrfa.org/pages/statistics#A> >. Acesso em: 12.12.2011.

RESEARCH SYSTEMS INC. (RSI). **The Environment for visualizing Images** – ENVI. v.4.3 Boulder, CO, USA, 2006.

RIZZI, R.; RUDORFF, B. F. T. Imagens do sensor MODIS associadas a um modelo agrônomo para estimar a produtividade de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.73-80. 2007.

ROCHA, A. S.; SCHEFLER, M. L. M.; COUTO, V. A. Organização Social e Desenvolvimento Territorial: reflexos sobre a experiência dos CMDRS na região de Irecê – Ba. In: SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA (SEI). **Análise territorial da Bahia rural**. Salvador: SEI, 2004. p. 95-108. ISBN 85-85976-54-3. (Série Estudos e Pesquisas n. 71). Disponível em: < http://www.sei.ba.gov.br/images/publicacoes/download/sep/sep_71.zip >. Acesso em: 09.08.2008.

ROCHA, C. B.; PARRÉ, J. L. Estudo da Distribuição Espacial do Setor Agropecuário o Rio Grande do Sul. **Análise Econômica**, v. 27, n. 52, p. 139-160, 2009. ISSN 0102-9924. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/AnaliseEconomica/article/download/5159/7457>>. Acesso em: 23.12.2010.

ROCHA, J. M. da. As raízes do declínio econômico da “Metade Sul” do Rio Grande do Sul: uma análise da racionalidade econômica dos agentes produtivos da região. In: PRIMEIRAS JORNADAS DE HISTÓRIA REGIONAL COMPARADA, 1., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: FEE, 2000. Online. Disponível em: <<http://www.fee.tcche.br/sitefee/download/jornadas/1/s12a5.pdf>>. Acesso em 18.07.2009.

ROSA, L.P. (Coord.) Geração de energia a partir de resíduos do lixo e óleos vegetais. In: TOLMASQUIM, M.T. (Org.) **Fontes renováveis de energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência: CENERGIA, 2003. p. 91–90. ISBN (85-7193-095-3).

ROSSITER, D. G. A theoretical framework for land evaluation. **Geoderma**, v. 72, n. 3–4, p. 165-190, 1996. ISSN 0016-7061. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0016706196000316> >. Acesso em: 04.05.2012.

ROZAKIS, S.; SOLDATOS, P. G. KALLIVROUSSIS, L.; NICOLAOU, I. Multiple criteria analysis of bio-energy projects: evaluation of bio-electricity production in

Farsala Plain, Greece. **Journal of Geographic Information and Decision Analysis**, v.5, n.1, p.49-64. 2001.

RÜCKERT, A.R. O processo de reforma do Estado e a Política Nacional de Ordenamento Territorial. In: BRASIL. Ministério de Integração Nacional. Para pensar uma política nacional de ordenamento territorial: **Anais da Oficina sobre a Política Nacional de Ordenamento Territorial**, Brasília, 13-14 de novembro de 2003 / Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional (SDR). Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2005. p. 32 – 39.

RUTHES, S. **Inteligência competitiva e a prospecção tecnológica e estratégica como suporte ao desenvolvimento sustentável: Uma Reflexão para Aqueles que Acreditam que Não Existe Sustentabilidade sem Construção do Futuro**. São Paulo: Peirópolis, 2007. 72p. ISBN 9788575961001. Disponível em: <
http://www.ethos.org.br/_Uniethos/documents/AInteligenciaCompetitiva.pdf >. Acesso em: 20.01.2012.

SAS Institute Inc. **Base SAS® 9.2 procedures guide: statistical procedures**. Third Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2010.

SACHS, I. Estratégias de transição para o século XXI. In: BURSZTYN, M. (Org.). **Para pensar o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: IBAMA/ENAP, Brasiliense, 1993. p. 29-56. ISBN 85-11-14090-5.

SANDERSON, E. W.; JAITEH, M.; LEVY, M.A.; REDFORD, K.H.; WANNEBO A.V.; WOOLMER, G.. The Human Footprint and the Last of the Wild. **BioScience**, v. 52, n. 10, p. 891-904, 2002. ISSN 0006-3568. Disponível em: <
<http://www.bioone.org/doi/full/10.1641/0006-3568%282002%29052%5B0891%3ATHFATL%5D2.0.CO%3B2> >. Acesso em: 11.04.2012.

SANTIN, M. F. C. L.; REIS, A. Distribuição espacial da poluição no Rio Grande do Sul. **Rev. CCEI - URCAMP**, v. 11, n.20, p. 7-16, 2007. ISSN 1415-2061. Disponível em: <
http://www.urcamp.tche.br/ccei/portal/images/Revista_CCEI/numero20.pdf >. Acesso em: 12.02.2012.

SANTOS, E. C. S. D.; MELLO, M. M. D.; GUERRA, S. M. G. Aparência e a essência: discussões sobre o artigo Iluminando o Caminho em Prol de um Futuro Energético Sustentável. **Oídes** (Málaga), v 03, n. 7, p. 24-37, 2009. ISSN 1988-2483. Disponível em: <
<http://www.eumed.net/rev/oidles/07/smg.htm> >. Acesso em: 11.09.2011.

SARLE, W. S. **Neural network FAQ**. Cary, 2002. Disponível em: <
<ftp://ftp.sas.com/pub/neural/FAQ.html> >. Acesso em: 18.07.2005.

SCHEFFRAN, J.; BENDOR, T.; WANG, Y.; HANNON, B. A spatial-dynamic model of bioenergy crop introduction in Illinois. In: International Conference of the System Dynamics Society, 25, Boston, MA, julho de 2007. **Anais eletronicos...** Disponível em: <<http://www.systemdynamics.org/conferences/2007/proceed/papers/BENDO452.pdf>>. Acesso em 27.11.2008.

SCHNEIDER, L. C.; KINZIG, A. P.; LARSON, E. D.; SOLÓRZANO, L. A. Method for spatially explicit calculations of potential biomass yields and assessment of land availability for biomass energy production in Northeastern Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.84, n.3, p.207-226. 2001.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS (SEBRAE). **Biodiesel**. SEBRAE, 2007. 61 p.

SHIKIDA, P. F. A.; BACHA, C. J. C. Evolução da agroindústria canavieira brasileira de 1975 a 1995. **Revista brasileira de Economia**, v. 53, n. 1, p. 69-90, 1999. ISSN 0034-7140. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbe/article/download/746/1740>>. Acesso em: 02.05.2008.

SHIMABUKURO, Y.E.; SMITH, J.A. The least squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.29, n.1, p.16-20, 1991.

SILVA, E.P. Fontes renováveis de energia para o desenvolvimento sustentável. **ComCiência**, n. 61, 2004. Disponível em:<<http://www.comciencia.br/reportagens/2004/12/15.shtml>>. Acesso em: 12 dez. 2007.

SILVA, J.G.; SCHUET, G.; TAVARES, L. Em busca da produção sustentável de biocombustíveis. **Revista de Política Externa**, v.17, p.7-23, 2008. ISSN. 1518-6660 Disponível em: < <http://faorlc.cgnet.com/es/quienes/dg/art19.pdf> >. Acesso em 12.02.2012.

SILVA, M. A. S. **Mapas auto-organizáveis na análise exploratória de dados geoespaciais multivariados**. 2004. 117 p. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2004. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2004/03.25.16.40>>. Acesso em: 18.10.2011.

SILVA, R.A.C. Inteligência Artificial Aplicada a Ambientes de Engenharia de Software: Uma Visão Geral. **INFOCOMP**, v. 4, n.4, p. 27-37, 2005.

SIMS, R.E.H. **The Brilliance of bioenergy**: in business and in practice. London: Earthscan, 2002. 316p. ISBN (1 90291628 X).

SIQUEIRA, J.; OTT, E.; VIEIRA, E. P. Um Estudo sobre o posicionamento social e ambiental em indústrias do setor metal-mecânico da região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. **ABCustos**, v. 2, n. 1, p. 102-118, 2007. ISSN 1980-4814. Disponível em: <
http://www.unisinos.br/abcustos/_pdf/Siqueira_et al.doc.pdf >. Acesso em: 12.02.2012.

SISTER, G. **Mercado de carbono e Protocolo de Quioto**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 200 p. ISBN (978-85-352-2464-1)

SLOCOMBE, D.S. Environmental planning, ecosystem science, and ecosystem approaches for integrating environment and development. **Environmental Management**, v.17, n. 3, p. 289-303, 1993.

SONG, C. et al. Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effects. **Remote Sensing of Environment**, v. 75, p. 230- 244, 2001.

SPIELMAN, S.E.; THILL J.C. Social area analysis, data mining, and GIS, Computers, **Environment and Urban Systems**, v. 32, n. 2, p. 110-122, 2008. .

STAEVIE, P. M. Concentração industrial - o caso da indústria gaúcha de esmagamento de soja. In: Encontro de Economia Gaúcha, 3, 2006, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: FEE, 2006. On line. Disponível em: <
<http://www.fee.tche.br/3eeg/Artigos/m22t02.pdf> >. Acesso em: 08.02.2010.

SUAREZ, P.A.Z..Contribuições do Laboratório de Matérias e Combustíveis da Universidade de Brasília no desenvolvimento de processos para a obtenção de combustíveis alternativos a partir de óleos vegetais. In: Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO). **Energia para o MERCOSUL**: edição 2004 do Prêmio MERCOSUL de Ciência e Tecnologia. Brasília: UNESCO: RECyT: MCT, 2005. 124p.

SUAREZ, P.A.Z.; MENEGHETTI, S.M.P. 70º aniversário do biodiesel em 2007: evolução histórica e situação atual no Brasil. **Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 2068-2071, 2007. ISSN 0100-4042. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000800046&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 18.02.2012.

SUDHA, P.; RAVINDRANATH; N. H. Land availability and biomass production potential in India. **Biomass and Bioenergy**, v.16, n.3, p.207-221. 1999.

TENERELLI, P.; MONTELEONE. M. A combined land-crop multicriteria evaluation for agro-energy planning. In: 16th European Biomass Conference & Exhibition, June 2008, Valencia. **Anais...** Valencia: ETA-Florence Renewable Energies, 2008. Disponível em: <
<http://sustoil.fg.googlepages.com/VP5.2.12.pdf> >. Acesso em: 10 maio 2009.

TILMAN, D.; SOCOLOW, R.; FOLEY, J. A.; HILL, J.; LARSON, E.; LYND, L.; PACALA, S.; REILLY, J.; SEARCHINGER, T.; SOMERVILLE, C.; WILLIAMS, R. Beneficial Biofuels—The Food, Energy, and Environment Trilemma. **Science**, v. 325, n. 5938, p. 270-271, 2009. ISSN 0036-8075 Disponível em: < <http://www.sciencemag.org/content/325/5938/270.short> >. Acesso em 12.02.2012

TORQUATO, S. A. Conflitos e propostas de soluções: o comportamento do preço do álcool na entressafra canavieira **Análise e Indicadores do Agronegócio**, v. 6, n. 5, 2011. ISSN 1980-0711. Disponível em: < <http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=12137> >. Acesso em: 20.12.2012.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Kyoto mechanisms** – background. Disponível em: <http://unfccc.int/essential_background/convention/items/2627.php>. Acesso em: 07.05.2008a.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Uniting on climate change**. Berlin: UNFCCC, 2007. 40 p. ISBN (92-9219-045-8).

UNITED NATIONS POPULATION FUND (UNFPA). **Relatório sobre a Situação da População Mundial 2011**. UNFPA. New York, 2011. 125 p. Disponível em:<http://www.unfpa.org.br/swop2011/swop_2011.pdf >. Acesso em: 09.11.2011.

VALENÇA, M.J.S.; LUDERMIR, T.B. Introdução as Redes Neurais. In: Galvão, C.O., Valença, M.J.S. (orgs.) **Sistemas inteligentes: aplicações a recursos hídricos e ciências ambientais**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS : Associação Brasileira de Recursos Hídricos. p. 99-150. 1999. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 7).

VESANTO, J. Data exploration process based on the self-organizing map. **Acta Polytechnica Scandinavica**, Mathematics and Computing Series, n.115, p. 1-96. 2002. ISSN 1456-9418. Disponível em:< <http://lib.tkk.fi/Diss/2002/isbn9512258978/isbn9512258978.pdf> >. Acesso em: 12.11.2011.

VESANTO, J.; HIMBERG, J.; ALHONIEMI, E.; PARHANKANGAS, J. Self-Organizing Map inmatlab: the SOM toolbox. In: Matlab DSP Conference, 1999, Espoo, Finland. **Anais ...** Espoo, Finland: Comsol Oy, 1999. p. 35-40. Disponível em <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.25.9495&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 24.05.2011.

VESANTO, J.; HIMBERG, J.; ALHONIEMI, E.; PARHANKANGAS, J. **SOM Toolbox for Matlab 5**. Espoo, Finland: Helsinki University of Technology, 2000. 59 p. Technical Report, A57. Disponível em:

<<http://www.cis.hut.fi/projects/somtoolbox/package/papers/techrep.pdf>>.

Acesso em: 12.05.2010.

VOIVONTAS, D.; ASSIMACOPOULOS, D.; KOUKIOS, E. G. Assessment of biomass potential for power production: a GIS based method. **Biomass and Bioenergy**, v. 20, n. 2, p. 101-112, 2001. ISSN 0961-9534. Disponível em: <

<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V22-42BSB3M-3/2/e38dd71a702974689c72cb4818a8fd31> >. Acesso em: 10.05.2009.

VOIVONTAS, D.; ASSIMACOPOULOS, D.; MOURELATOS, A.; COROMINAS, J. Evaluation of Renewable Energy potential using a GIS decision support system. **Renewable Energy**, v. 13, n. 3, p. 333-344, 1998. ISSN 0960-1481.

Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V4S-3VXH1GX-5/2/be485e562af244bc2635c944ccdae07a> >. Acesso em: 05.04.2009.

WACKERNAGEL, M. **Ecological footprint and appropriated carrying capacity: a tool for planning toward sustainability**. 1994. 347 p. (Doctor of Philosophy - PhD). School of Community and Regional Planning, University of British Columbia, Vancouver, Canadá. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/2429/7132> >. Acesso em: 11.04.2012.

WALISIEWICZ, M. **Energia alternativa: solar, eólica, hidrelétrica e de biocombustíveis**. São Paulo: Publifolha, 2008. 72p. ISBN 8574028460

WEAVER, A. J. Toward the Second Commitment Period of the Kyoto Protocol. *Science*, v. 332, n. 6031, p. 795-796, May 13, 2011 2011. ISSN 0036-8075 (print), 1095-9203 (online) Disponível em: < <http://www.sciencemag.org/content/332/6031/795.short> >. Acesso em: 20.11.2011.

WEBER, E.; HASENACK, H. (org.) **Base cartográfica digital do Rio Grande do Sul - escala 1:250.000**. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2007. 1 CD-ROM. (Série Geoprocessamento, 1)

WIKIPEDIA. Guerra do Yom Kipur. In: WIKIMEDIA FOUNDATION. **Wikipédia a enciclopédia livre**. Disponível em: < http://pt.wikipedia.org/wiki/Guerra_do_Yom_Kipur >. Acesso em: 09.11. 2011.

WIKIPEDIA. Inteligência artificial. In: WIKIMEDIA FOUNDATION. **Wikipédia a enciclopédia livre**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Intelig%C3%A2ncia_artificial&oldid=11798478>. Acesso em: 11 ago. 2008.

WOODCOCK, C.; HARWARD, V.J. Nested-hierarchical scene models and image segmentation. **International Journal of Remote Sensing**, London, v.13, n.16, p.3167-3187, 1992.

XIMENES, A. C. **Mapas auto-organizáveis para a identificação de ecorregiões no interflúvio Madeira-Purus**: uma abordagem da biogeografia ecológica. 2008. 155 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2008. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/08.18.14.02>>. Acesso em: 12.10.2011.

YAMAMOTO, H.; FUJINO, J.; YAMAJI, K. Evaluation of bioenergy potential with a multi-regional global-land-use-and-energy model. **Biomass and Bioenergy**, v.21, n.3, p.185-203. 2001.

YOUNG, C. E. F.; STEFFEN, P. G. Conseqüências econômicas das mudanças climáticas. **Revista Eletrônica de Jornalismo Científico Com Ciência**, n. 85, 2007. ISSN 1519-7654. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=22&id=236>>. Acesso em: 05.05.2008.

ZHANG, F.; JOHNSON, D. M.; SUTHERLAND, J. W. A GIS-based method for identifying the optimal location for a facility to convert forest biomass to biofuel. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, n. 9, p. 3951-3961, 2011. ISSN 0961-9534. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953411003308>>. Acesso em: 20.01.2012.

ZHANG, J. **Visualization for Information retrieval**. Berlin: Springer, 2008. 292 p. ISBN 9783540751489. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/g424724v8l240486/>>. Acesso em: 20.01.2012.